



Alcaldía de Medellín

Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

PLAN DISTRITAL DE SILVICULTURA URBANA PARA MEDELLÍN

2025 - 2036



DICIEMBRE DE 2024



ALCALDÍA DE MEDELLÍN

FEDERICO ANDRÉS GUTIÉRREZ ZULUAGA
Alcalde

ANA LIGIA MORA MARTÍNEZ
Secretaria de Medio Ambiente

CARLOS ALBERTO VELÁSQUEZ LÓPEZ
Subsecretario de Gestión Ambiental

ESTEBAN JARAMILLO RUIZ
Subsecretario de Recursos Naturales Renovables

ELIZABETH CORAL DUQUE
Subsecretaria de Protección y Bienestar Animal



**DISTRITO DE MEDELLÍN
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE**

EQUIPO DE TRABAJO

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIDAD DE ESTRUCTURA ECOLÓGICA

ING. JAIME ALBERTO GÓMEZ CUERVO

ING. LUCENIT SOLANO GUERRERO

ING. NATALIA ROA GIRALDO

ING. ANA MARÍA VILLA GRAJALES

ING. FABIO SALDARRIAGA RIVERA

ARQ. MARCELA NOREÑA RESTREPO

EQUIPO TÉCNICO DEL SISTEMA DE ÁRBOL URBANO

ING. JAVIER LEÓN PÉREZ CARDONA

AUXILIARES

JONATAN ESNEIDER CARDONA VILLA

WILLIAM ALBERTO ALZATE MOLINA

LEIDER ANDRÉS ARIAS GARCÍA

YONY ANDRÉS SÁNCHEZ PUERTA

NICOLÁS RIVILLAS OSPINA



COMITÉ SILVICULTURA URBANA Y PAISAJISMO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

FUNDACIÓN JARDÍN BOTÁNICO DE MEDELLÍN

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN

EMPRESAS VARIAS DE MEDELLÍN

EMPRESA DE DESARROLLO URBANO DE MEDELLÍN

METRO DE MEDELLÍN



Forest Service
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

AGRADECIMIENTOS

La Alcaldía de Medellín agradece al Servicio Forestal de los Estados Unidos por su invaluable apoyo técnico y financiero en la formulación del Plan Distrital de Silvicultura Urbana. Su compromiso con la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales ha sido fundamental para avanzar en la protección y gestión del bosque urbano en el Distrito.

Este Plan no solo representa un esfuerzo conjunto, sino también un paso significativo hacia la construcción de una ciudad más verde y resiliente. Gracias por ser un aliado clave en esta importante labor.

Un reconocimiento especial a:

Camille McCarthy

Gerente Regional para América del Sur

María del Pilar Arroyave Maya

Coordinadora del Programa de Ecología Urbana en Colombia

Yeny Andrea Vélez Martínez

Asistente del Programa de Ecología Urbana en Colombia



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
1. VISIÓN	12
2. CONTEXTO HISTÓRICO Y NORMATIVO	13
2.1. Antecedentes de la Silvicultura Urbana en Medellín.....	14
2.2. Normas Asociadas a la Gestión del Bosque Urbano	19
2.3. Políticas Internacionales.....	22
2.4. Recursos Técnicos e Informáticos.....	25
3. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL	28
3.1. Clima	28
3.2. Suelos	29
3.3. Riesgos de Incendios.....	31
4. VEGETACIÓN.....	39
4.1. Espacios Verdes Urbanos.....	39
4.1.1. Inventario de los Espacios Verdes Urbanos.....	40
4.1.2. Conectividad Ecológica.....	45
4.2. Arbolado Urbano	50
4.2.1. Análisis Estructural	50
4.2.2. Estado de Conservación de las Especies	58
4.2.3. Condición de Salud	60
4.2.4. Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural de Medellín	63
4.3. Jardines.....	67
5. BENEFICIOS DEL BOSQUE URBANO.....	69
5.1. Beneficios Sociales	70
5.2. Beneficios Ambientales	73
5.3. Estimación de Beneficios del Bosque Urbano en Medellín.....	75
5.3.1. Almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO ₂).....	76
5.3.2. Captura de Dióxido de Carbono (CO ₂).....	77
5.3.3. Remoción de Contaminantes del Aire.....	79



5.3.4.	Regulación Hídrica	81
5.4.	Valoración Social de los Beneficios de las Zonas Verdes.....	82
6.	VULNERABILIDAD DEL BOSQUE URBANO AL CAMBIO CLIMÁTICO	85
7.	GESTIÓN DEL BOSQUE URBANO EN MEDELLÍN	91
7.1.	Organizaciones Ambientales.....	92
7.2.	Red de Organizaciones Ambientales	98
7.3.	Prácticas Silviculturales	101
8.	PLAN ESTRATÉGICO.....	103
8.1.	Análisis de la Problemática	103
8.2.	Indicadores para la Gestión Estratégica del Bosque Urbano.....	110
8.3.	Estrategias, Objetivos y Acciones	116
8.3.1.	Estrategia 1. Gestión Interinstitucional Efectiva	117
8.3.2.	Estrategia 2. Implementación de Buenas Prácticas Silviculturales	118
8.3.3.	Estrategia 3. Cultura y Participación Ciudadana	119
8.3.4.	Estrategia 4. Protección y Seguimiento del Bosque Urbano.....	119
8.3.5.	Estrategia 5. Fortalecimiento del Sistema de Información e Investigación	120
9.	PLAN DE ACCIÓN.....	121
10.	AGENDA DE INVESTIGACIÓN.....	127
	BIBLIOGRAFÍA.....	130



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normativa asociada a la gestión de los espacios verdes urbanos en Medellín.....	20
Tabla 2. Áreas afectadas por incendios en los cerros tutelares entre agosto de 2022 y 2023...33	33
Tabla 3. Indicadores de cantidad de EVU (público y privado) por comuna en Medellín.....	43
Tabla 4. Número de árboles por comuna.	51
Tabla 5. Índices de diversidad del bosque urbano de Medellín.	54
Tabla 6. Especies de árboles más comunes de Medellín.....	55
Tabla 7. Comparación del origen de las especies de Medellín en 2006 y 2023.....	56
Tabla 8. Porcentaje de especies nativas en cada comuna.....	56
Tabla 9. Especies amenazadas en Medellín.	59
Tabla 10. Especies de árboles invasoras en Medellín.....	60
Tabla 11. Especies de jardín más comunes en Medellín.....	68
Tabla 12. Almacenamiento de dióxido de carbono (CO ₂) en cada comuna.....	76
Tabla 13. Captura de dióxido de carbono (CO ₂) por comuna.	78
Tabla 14. Remoción de contaminantes por parte del bosque urbano de Medellín.....	80
Tabla 15. Escorrentía superficial evitada por el bosque urbano en Medellín.	82
Tabla 16. Margen de tolerancia y alto riesgo de algunas especies de la ciudad de Medellín. ...	89
Tabla 17. Especies con alto riesgo por cambios en la temperatura y la precipitación.....	89
Tabla 18. Organizaciones que participan en la gestión del bosque urbano en Medellín.....	93
Tabla 19. Actividades de gestión realizadas por las organizaciones.	94
Tabla 20. Prácticas silviculturales años 2012 – 2023 en Medellín.....	102
Tabla 21. Indicadores para la planeación y manejo estratégico del bosque urbano.....	111
Tabla 22. Agenda de Investigación.	127



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Línea del tiempo de la silvicultura urbana en Medellín.	15
Figura 2. Medidas para evitar incendios forestales.	36
Figura 3. Espacios verdes en la zona urbana del Distrito de Medellín.....	41
Figura 4. Cobertura dominante de los Espacios Verdes Urbanos de Medellín.	42
Figura 5. Espacios Verdes Urbanos por comuna en el Distrito de Medellín.	44
Figura 6. Porcentaje de árboles por comuna.....	52
Figura 7. Número de árboles por hectárea.....	53
Figura 8. Número de especies por comuna de Medellín.	54
Figura 9. Especies endémicas por comuna y para Medellín.....	58
Figura 10. Proceso de documentación de los Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural. 67	
Figura 11. Resumen de los beneficios del arbolado urbano en Medellín.	75
Figura 12. Almacenamiento de dióxido de carbono (CO ₂) por parte del bosque urbano.....	77
Figura 13. Captura de dióxido de carbono (CO ₂) por parte del bosque urbano.	79
Figura 14. Beneficios de las zonas verdes identificados por la comunidad.	83
Figura 15. Red de organizaciones que intervienen el bosque urbano en Medellín.	99



INTRODUCCIÓN

El Plan Distrital de Silvicultura Urbana (PDSU) de Medellín es una hoja de ruta que crea una visión compartida para el futuro del bosque urbano. Este plan orienta a los directivos y profesionales responsables del cuidado de los espacios verdes urbanos, así como a otros actores involucrados, para que su gestión sea proactiva y eficaz, y se maximicen los beneficios a largo plazo para la comunidad.

El bosque urbano se define como la red o sistema que comprende las masas forestales, los grupos o árboles individuales ubicados en las áreas urbanas y periurbanas (FAO, 2016). Otros autores amplían este concepto y lo definen como el conjunto de árboles y la vegetación asociada existente en las zonas urbanas, tanto públicas como privadas, incluyendo los árboles de las vías, parques, áreas residenciales, industriales y corredores verdes (Miller et al., 2015).

El PDSU acoge la definición adoptada en el Manual de Silvicultura Urbana de Medellín (Secretaría de Medio Ambiente, 2015) que considera el bosque urbano como el conjunto de todos los espacios verdes en las zonas urbanas y periurbanas, reconociendo aquellos ejemplares solitarios como árboles aislados al interior del bosque urbano, y las zonas con mayor densidad como fragmentos del bosque natural, de protección o productor con vegetación arbórea o herbácea agrupada.

El Plan es fundamental para conservar los múltiples beneficios que ofrece el bosque urbano, tales como la contribución a la salud física y mental de la población, la protección de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático. Así mismo, es crucial para enfrentar amenazas como la contaminación, los incendios, las invasiones de plagas y las enfermedades, y permite comprender las relaciones de costo-beneficio, destacando las contribuciones positivas de un bosque urbano bien gestionado. Un enfoque estratégico optimiza el uso de los recursos financieros y humanos disponibles, asegurando la continuidad del programa de bosques urbanos más allá de las administraciones actuales, fortaleciendo la capacidad de competir por futuras financiaciones externas y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

En la formulación del Plan de Silvicultura Urbana es importante contar con la participación de diversos actores para garantizar su efectividad y sostenibilidad. Por esta razón, durante la construcción de PDSU para Medellín se contó con la colaboración de diferentes organizaciones tanto públicas como privadas que aportaron significativamente al desarrollo de las etapas del plan. Las entidades gubernamentales lideran y coordinan las acciones, las entidades no gubernamentales, incluidas fundaciones sin ánimo de lucro, aportan experiencia y perspectiva comunitaria. Las mesas ambientales, juntas de acción comunal y barrial juegan un papel clave



en la representación de las necesidades locales y la implementación de soluciones adaptadas a cada contexto. Por su parte, la colaboración con empresas privadas permite movilizar recursos económicos y técnicos, mientras que las universidades y grupos de investigación contribuyen con conocimiento científico, innovación y monitoreo continuo. Este enfoque inclusivo asegura que sea representativo y con un impacto positivo en el corto y largo plazo.

La metodología empleada en la formulación del PDSU para Medellín se basó en la propuesta planteada por el Inland Urban Forest Council (2016). Esta metodología detalla los pasos necesarios para desarrollar el Plan, promoviendo un proceso que combina eficiencia técnica con participación de los diferentes actores involucrados. En primer lugar, se define una visión que proyecta la condición futura del bosque urbano y orienta la implementación del plan. Esta visión fue construida a través de un proceso participativo, en el que se consultó a diversos actores sobre cómo imaginaban el bosque urbano de Medellín. A continuación, se exponen los antecedentes de la silvicultura urbana en el Distrito, junto con el marco normativo vigente a nivel regional y local que la regula. Posteriormente, se describen las características ambientales que influyen en el desarrollo del bosque urbano, así como el estado actual de los espacios verdes urbanos y su vegetación.

Asimismo, se realiza una estimación de los beneficios sociales y ambientales que proporciona el bosque urbano, junto con un análisis de vulnerabilidad al cambio climático. Este análisis identifica las especies que podrían verse afectadas por las proyecciones futuras de cambios en la temperatura y la precipitación. Posteriormente, se identifican los principales problemas que impactan el bosque urbano, entre ellos: la pérdida de zonas verdes, la débil articulación interinstitucional para su gestión, la baja apropiación de los espacios verdes por parte de la comunidad, las prácticas silviculturales inadecuadas, el deficiente seguimiento y control de la urbanización, el déficit presupuestal, la falta de conocimiento sobre el bosque urbano y un monitoreo insuficiente. Además, se reconocen los actores principales que intervienen en la dinámica del bosque urbano y las relaciones existentes entre ellos.

Se definen indicadores clave que permiten evaluar tanto el estado actual como el ideal del bosque urbano, facilitando una gestión efectiva y participativa. Por último, se presenta una propuesta de estrategias enfocadas en prevenir, mitigar y resolver las problemáticas identificadas, acompañada de un plan de acción concreto y de mecanismos de seguimiento diseñados para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

El Plan Distrital de Silvicultura Urbana para Medellín se constituye en una herramienta esencial para garantizar la sostenibilidad de los espacios verdes en el distrito, promover su conservación, recuperación y manejo adecuado. A través de las estrategias integrales, acciones concretas y el seguimiento continuo que se propone, se espera fortalecer la resiliencia del ecosistema urbano, mejorar la calidad de vida de la población y mitigar los impactos ambientales, asegurando un entorno más saludable y equilibrado para las generaciones presentes y futuras.



1. VISIÓN

Medellín contará para el año 2036 con un bosque urbano saludable, diverso, equitativo, conectado, multifuncional, resiliente, integrado armónicamente al desarrollo urbano y valorado por la comunidad. Se garantizarán las buenas prácticas de manejo y los recursos para su protección y gestión.

- **Saludable:** buenas condiciones de salud.
- **Diverso:** alta diversidad para promover el equilibrio ecológico y la oferta de hábitat y alimento para diferentes especies de fauna.
- **Equitativo:** distribución equitativa a través de las distintas comunas y corregimientos del Distrito.
- **Conectado:** corredores biológicos que permitan el flujo de individuos de especies de flora y fauna.
- **Multifuncional:** provisión de beneficios sociales y ambientales para el bienestar de la población.
- **Resiliente:** capacidad de resistir, adaptarse y recuperarse de los impactos negativos del cambio climático y la contaminación ambiental.
- **Integrado armónicamente al desarrollo urbano:** balance entre la infraestructura verde, azul y gris.
- **Valorado por la comunidad:** se reconocen los beneficios del bosque urbano y se promueve su cuidado y protección.
- **Buenas prácticas de manejo:** implementación de las mejores prácticas de mantenimiento y conservación.
- **Recursos para su protección y gestión:** disponibilidad de talento humano y recursos financieros para la adecuada gestión.



2. CONTEXTO HISTÓRICO Y NORMATIVO

La Alcaldía de Medellín, consciente de la importancia de los espacios verdes, ha desarrollado un programa de silvicultura urbana para la ciudad con el objetivo de conservar y proteger el bosque urbano, fortalecer su función ecológica y social, y garantizar el mantenimiento de las zonas verdes existentes. Además, busca aumentar el espacio público verde disponible por habitante y promover un crecimiento urbano ordenado y sostenible.

Entre las acciones implementadas están la plantación de árboles, arbustos y palmas, la adecuación de espacios en los cerros tutelares y la construcción y mantenimiento de parques lineales, hoy conocidos como ecoparques, en las zonas de retiro de las quebradas (Alcaldía de Medellín, 2011a)

En sus inicios la Administración Distrital plantea el programa “Medellín Florece” y posteriormente avanza hacia “Ciudad Verde”, el cual se orienta a fortalecer los elementos de la estructura ecológica principal urbana y rural, mediante el incremento y mantenimiento de los espacios públicos verdes, el amoblamiento necesario y el diseño paisajístico que permitan el disfrute directo por parte de la población, la belleza escénica y la función ambiental.

A dicho propósito se responde con el establecimiento y manejo de la vegetación en el espacio público, la construcción y mantenimiento de parques lineales y corredores ecológicos en las zonas de retiro de las quebradas, así como el fortalecimiento de las redes ecológicas identificadas en el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos (PMEPVU) de la Región Metropolitana del Valle del Aburrá (AMVA, 2007).

Como una de las estrategias para lograr el buen estado del arbolado urbano, la Secretaría de Medio Ambiente, a través del Jardín Botánico de Medellín, se dio a la tarea de producir entre el año 2012 y 2015 una gran variedad de especies arbóreas con características adecuadas, soportadas en parámetros técnicos y científicos que permitieron obtener individuos en cantidades y calidades apropiadas a las condiciones ambientales de cada sitio.

Así mismo, se resaltan las iniciativas emprendidas por la ciudadanía mediante el programa de Planeación Local y Presupuesto Participativo, que se suman a las intervenciones de las zonas verdes con el establecimiento de nuevos árboles y plantas ornamentales.

Las Secretarías de Medio Ambiente e Infraestructura Física han adelantado diversas acciones para mejorar las áreas verdes y ajardinadas en los espacios públicos de la ciudad, rescatando y resaltando los valores paisajísticos y ambientales existentes en estas zonas. Además de contribuir para que la ciudad cuente en sus espacios públicos verdes, con más de 600.000 árboles resultantes de sumar los plantados por la Administración Distrital y los reportados en



2006 por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos.

De igual forma, con el mantenimiento de las zonas verdes en los últimos años, dichas Secretarías han garantizado el buen estado en los espacios públicos urbanos mediante acciones puntuales de limpieza, corte de zonas en grama, poda y mantenimiento de árboles y jardines, asegurando el buen desarrollo y potenciando todos los beneficios ambientales que representan para la comunidad.

2.1. Antecedentes de la Silvicultura Urbana en Medellín

El programa de Silvicultura Urbana de Medellín ha promovido la conservación y el mejoramiento de los espacios verdes de la ciudad, acogiendo las directrices del Plan Director BIO 2030 (Alcaldía de Medellín, 2011b), el Plan de Ordenamiento Territorial (Alcaldía de Medellín, 2014a) y la Política de Biodiversidad de Medellín (Alcaldía de Medellín, 2014b).

Para comprender la historia de la silvicultura urbana en Medellín, es importante conocer la manera como se estableció la vegetación arbórea en la ciudad. De acuerdo con lo descrito por Molina (2015) en su libro *Los árboles se toman la ciudad: El proceso de modernización y transformación del paisaje de Medellín entre 1890 y 1950*, cuando Medellín se convierte en un conglomerado urbano, se inicia la plantación de árboles con fines principalmente de higiene y ornato. Sin embargo, en las calles ya existían árboles y la prueba de esto es que las calles estaban denominadas en 1847 con nombres de árboles como el chumbimbo o el guanábano. La flora existente hasta mediados del siglo XIX se compone de elementos que crecen espontáneamente en cualquier punto de la ciudad; son plantas nativas o naturalizadas que se distribuyen por el valle. El proceso de modernización de Medellín se manifestó tanto en una serie de elementos basados en las obras de infraestructura urbana y servicios públicos, como en la transformación de su naturaleza urbana, que cambió de forma radical a partir de la plantación de árboles y la creación de nuevos espacios públicos. Las condiciones geográficas de Medellín propiciaron que fuera un lugar receptivo a la flora introducida. Para finales del siglo XIX, las plantas que llegaban se mezclan con una flora introducida y a su vez naturalizada, mezclada también con vegetación espontánea y nativa de la región.

En la Figura 1 se presenta un resumen del desarrollo histórico de la silvicultura urbana en Medellín, elaborado con información reportada en el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín (Secretaría de Medio Ambiente, 2015).

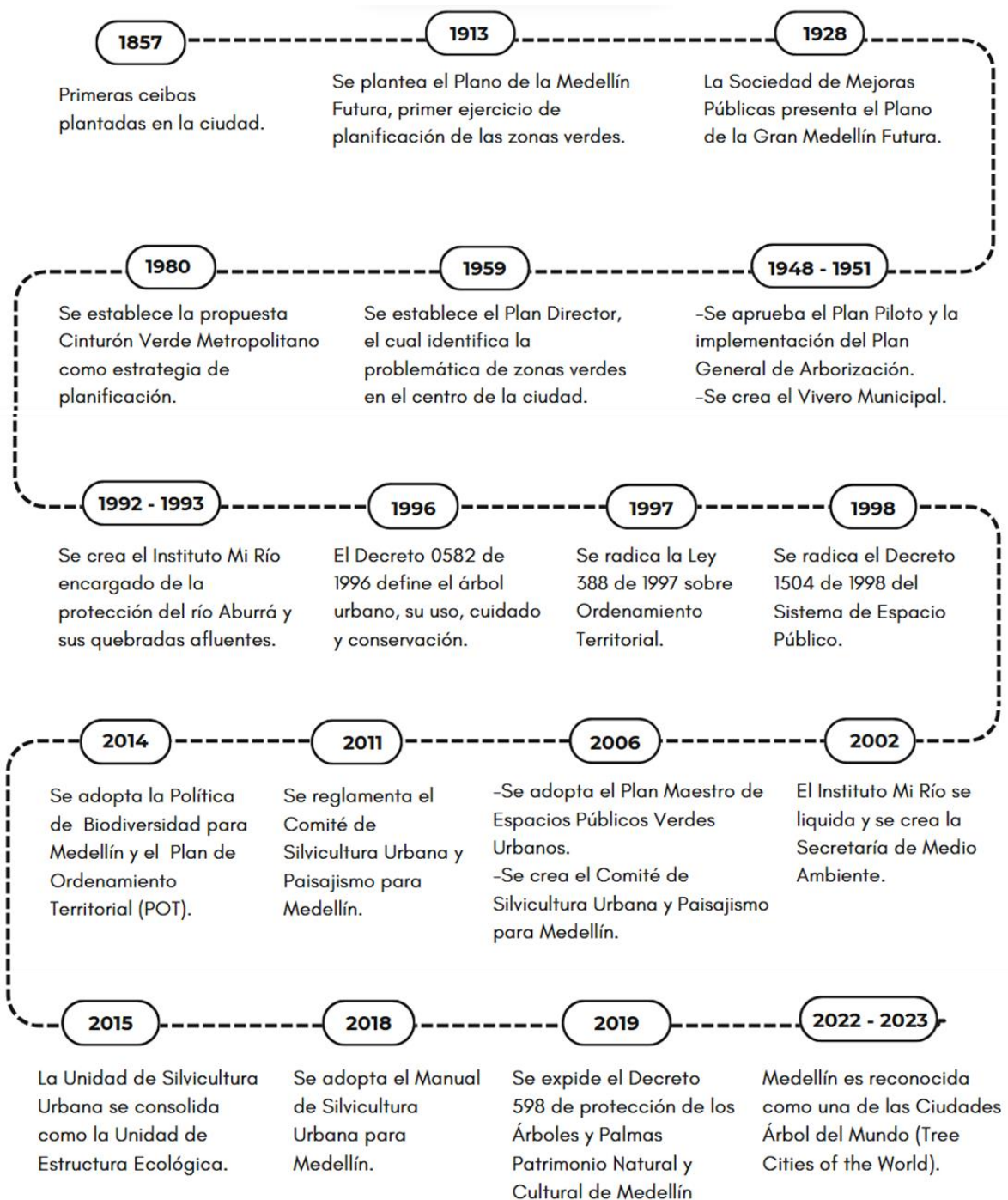


Figura 1. Línea del tiempo de la silvicultura urbana en Medellín.



A continuación, se describen los principales hitos de la silvicultura urbana en Medellín, registrados en el Manual de Silvicultura de Medellín (Secretaría de Medio Ambiente, 2015).

1857: los primeros árboles sobre los que se tiene reporte de haber sido plantados en la ciudad son las ceibas (*Ceiba pentandra*) que el señor Gabriel Echeverri hizo traer hacia 1857 de las riberas del río Cauca, y que se plantaron en la margen derecha de la quebrada Santa Elena, hoy conocida como Avenida La Playa. Por esta misma época, el señor Pastor Restrepo plantó cuatro ceibas en el costado sur del Parque Bolívar, donde aún se encuentran dos de ellas.

1913: la Sociedad de Mejoras Públicas (SMP) introduce desde principios del siglo XX el papel de los espacios verdes y la arborización en el territorio. A finales de 1913 se presenta el plano de la **Medellín Futura**, en el que los parques y los bosques estaban pensados para la periferia de la ciudad, lo cual puede definirse como el primer ejercicio de planificación de las zonas verdes, basado en la remodelación o transformación de plazuelas y parques ya existentes, así como el incremento del arbolado en calles, avenidas y paseos (González, 2007).

1928: se plantea el plano de la **Gran Medellín Futura** liderado por el comerciante Ricardo Olano con el apoyo del arquitecto Guillermo Herrera Carrizosa y los miembros de la SMP (González, 2007).

1948 - 1951: los urbanistas Paul Lester Wiener y José Luis Sert proyectan un nuevo plano de la ciudad denominado **Plan Piloto**, propuesto en 1948 y aprobado en 1951, en el cual la vegetación pasa de ser una propuesta con objetivos de ornato al de recreación. Se concluye además que Medellín posee un déficit de zonas verdes, por tener menos del 1% de parques en su territorio, razón por la cual se compran terrenos para destinarlos a tal fin (González, 2007).

En este mismo periodo se aprueba la implementación del **Plan General de Arborización** y se crea el Vivero Municipal mediante el Acuerdo 38 de 1940, con el objetivo de producir el material vegetal para la arborización de las vías y otros sitios de la ciudad (Secretaría de Medellín, 2015).

1959: el Plan Piloto de Wiener y Sert fue ajustado como **Plan Director** y desarrolla la noción de zona verde, estableciendo las primeras pautas sobre su creación y manejo. En este Plan se identifica como problema el alejamiento de las zonas verdes del centro de la ciudad, sin embargo, no se plantea solucionarlo y únicamente se propone aprovechar los cerros tradicionales.

1960 - 1970: se elaboran los planes de los parques y se permite un incremento en espacio público, pese a esto, en muchos de los existentes se disminuye el área verde por incorporar mobiliario deportivo y equipamiento. En esta misma época las nuevas zonas residenciales cambian el parque barrial por el modelo de “unidad residencial”, disminuyendo el área verde pública al incorporarse a los proyectos de urbanización privada.

1980: se presenta una nueva propuesta para generar espacio verde en la ciudad denominada **Cinturón Verde**, la cual buscaba separar las áreas de uso residencial de las zonas industriales, permitiendo en los años 70 y 80 contener el crecimiento urbano (Naranjo & Villa, 1997).



Posteriormente, pasa a ser el **Cinturón Verde Metropolitano** constituido por caminos, rutas y senderos para la movilidad de peatones y bicicletas, estableciéndose como una estrategia de planificación integral de largo plazo para consolidar un territorio equilibrado y equitativo en el borde urbano - rural. Su área de influencia se nombra como “franja de protección ambiental y rural”, y el proyecto está para ser implementado a lo largo de la ladera del Valle de Aburrá, enmarcado en el Parque Central de Antioquia.

1992 - 1993: se crea el Instituto Mi Río, encargado de la protección y el mejoramiento paisajístico del río Aburrá y sus quebradas afluentes. Se promueven las primeras iniciativas públicas para la plantación de árboles con el fin de reforestar los retiros de las quebradas y regular el ciclo hidrológico asociado a las mismas.

1996: se define el árbol urbano, su uso, cuidado y conservación, mediante el Decreto 0582 de 1996.

1997: se radica la Ley 388 de 1997 sobre Ordenamiento Territorial.

1998: se radica el Decreto 1504 de 1998 definitorio y reglamentario del Sistema de Espacio Público, hecho que representa un avance para el reconocimiento y producción del espacio verde urbano.

2002: el Instituto Mi Río se liquida y se crea la Secretaría de Medio Ambiente, la cual asume gran parte de las actividades relacionadas con la arborización de la ciudad mediante el Decreto 151 de 2002, derogado por el Decreto 1364 de 2012.

2006: El Área Metropolitana del Valle de Aburrá adopta el **Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos**, mediante el Acuerdo Metropolitano 16 de 2006. Este Plan se constituye en una herramienta de gestión para el manejo integral a corto, mediano y largo plazo de las áreas verdes urbanas de la región metropolitana y su articulación con los ecosistemas circundantes en el Valle de Aburrá.

Los lineamientos de política establecidos en este Plan son: i) coordinación y cooperación interinstitucional en la gestión del espacio público verde, la flora y la fauna urbana ii) gestión sostenible de zonas verdes y fomento de la conectividad ecológica iii) más y mejores espacios públicos verdes mediante el reverdecimiento y la naturalización del paisaje urbano municipal iv) participación ciudadana para la apropiación y cogestión del espacio público verde v) innovación y conocimiento para la gestión del espacio público verde.

Así mismo, se crea el **Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo para Medellín** mediante el Decreto 1803 de 2006, posteriormente derogado. En 2008 bajo el Decreto 817 ya derogado, se establecen los lineamientos de la Política en Silvicultura Urbana y Paisajismo para Medellín.

2011: se reglamenta el Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo para Medellín mediante el Decreto 2119 de 2011 (compilado en el Decreto 774 de 2024).



2014: mediante el Acuerdo 010 de 2014 se adopta y reglamenta la Política de Biodiversidad para Medellín, basada en las políticas internacionales y la Política Nacional para la Gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. Esta Política se enfoca en la gestión del territorio de manera sostenible, orientando las acciones de la administración, las autoridades ambientales y la ciudadanía en general de una manera responsable con el ambiente, desde la comprensión de la biodiversidad y su manejo con buenas prácticas que contribuyan a su incremento, protección y conservación.

Adicionalmente, el Acuerdo 048 de 2014 adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Medellín, instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio. Este se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y el uso del suelo. Además, es el punto de partida del Manual de Silvicultura Urbana, el cual se enmarca en la estructura ecológica y el manejo de un sistema de infraestructura verde con lineamientos sobre el uso de la vegetación y las zonas verdes en cualquier intervención urbana de infraestructura, incluyendo la vial, así como la importancia que tienen los espacios verdes para la ciudad.

2015: el Decreto 883 del 2015 establece que la Secretaría de Medio Ambiente es una dependencia del nivel central que tendrá como responsabilidad definir e implementar políticas ambientales, así como la planeación, diseño, coordinación, ejecución y evaluación de estrategias relacionadas con la conservación, recuperación y protección de los recursos naturales renovables y su sostenibilidad ambiental. El artículo 302 del Decreto 883 de 2015, modificado por el artículo 39 del Decreto 863 de 2020, establece a la Subsecretaría de Recursos Naturales Renovables, la función de *“liderar y gestionar las acciones necesarias para la protección, conservación y fomento de los espacios públicos verdes, paisajismo y silvicultura de Medellín”*.

A esta Secretaría se le atribuyen otras iniciativas importantes como la creación bajo el Decreto 2119 de 2011 (compilado en el Decreto 774 de 2024) del Comité Técnico Interinstitucional de Silvicultura Urbana y Paisajismo como órgano asesor del alcalde. Este Comité está conformado por diferentes entes centralizados y descentralizados que intervienen el arbolado urbano, y cuya función principal es conceptuar respecto a las intervenciones de obra pública sobre este recurso en la ciudad. Actualmente se encuentra vigente, sumando más de 400 sesiones desde su creación.

La Unidad de Silvicultura Urbana del Distrito, adscrita a la Secretaría de Medio Ambiente, se consolida como la Unidad de Estructura Ecológica según el Decreto 883 del 2015.

Recientemente, la planificación territorial y metropolitana ha incorporado principios de ecología del paisaje conceptual y espacial, como se aprecia en el Plan Director BIO 2030 de 2011, a través del planteamiento de un modelo de ocupación de territorio previsto a veinte años. Este Plan propone una reorientación del crecimiento urbano, buscando replantear la tendencia a la expansión de la urbanización a lo largo del Valle y sus laderas, especialmente en el



restablecimiento de la conectividad ecológica a través del sistema hidrográfico. Además, se define el verde urbano en términos de corredores ecológicos, bosque urbano y parque ecológico metropolitano.

Particularmente a escala local, es importante citar el Sistema de Gestión Ambiental de Medellín – SIGAM, el cual es un esquema organizacional para el adecuado funcionamiento de la Administración al planear, desarrollar y realizar seguimiento a la gestión ambiental en el territorio.

Según el Acuerdo 067 de 2017 *“por medio del cual se unifican los Acuerdos 21 de 2007 y 70 de 2013, se ajusta el Sistema de Gestión Ambiental de Medellín – SIGAM y se crea el Consejo Territorial de Salud Ambiental de Medellín - COTSAM”*. Por su parte, en el artículo 29 se establece al Comité Temático Interinstitucional de Silvicultura Urbana y Paisajismo de Medellín como uno de los encargados de articular los lineamientos de la Política Ambiental Nacional, Regional y Local con el Plan Ambiental Municipal (PAM) y el SIGAM, a fin de garantizar la recuperación y conservación de los recursos naturales.

2018: se adopta el **Manual de Silvicultura Urbana para Medellín** mediante el Decreto 895 de 2018 (compilado en el Decreto 774 de 2024).

2019: se expide el Decreto 598 de 2019 (compilado en el Decreto 774 de 2024) por medio del cual se define el manejo y protección para la preservación de los Árboles y Palmas, Patrimonio Natural y Cultural de Medellín. En él se reconocen 697 ejemplares como **Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural de Medellín**, por su alto valor histórico, simbólico, ecológico y paisajístico, ratificando el firme propósito de conservarlos.

2022 y 2023: Medellín es reconocida como una de las **Ciudades Árbol del Mundo** (*Tree Cities of the World*), gracias al compromiso de la Administración Distrital en el manejo, cuidado y protección de los árboles, bosques y reservas naturales. Este reconocimiento fue otorgado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Fundación Arbor Day, luego de que Medellín cumpliera con los cinco estándares del programa que destacan la responsabilidad de las ciudades por el cuidado de los árboles y el manejo de bosques para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y contribuir en la mitigación de los efectos del cambio climático.

2.2. Normas Asociadas a la Gestión del Bosque Urbano

El Distrito de Medellín cuenta con un conjunto de resoluciones, acuerdos y decretos expedidos por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, como autoridad ambiental urbana, el Concejo de Medellín y el mismo Distrito, en los cuales se establece el propósito de caracterizar, recuperar y proteger los árboles y sus zonas verdes. Estos se enuncian en la Tabla 1.



Tabla 1. Normativa asociada a la gestión de los espacios verdes urbanos en Medellín.

Norma y entidad que expide	Objetivo
Acuerdo Metropolitano 16 de 2006 - AMVA	Se adopta el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes, herramienta de gestión a 14 años que define las directrices generales (políticas, estrategias, programas y proyectos) para el manejo integral a corto, mediano y largo plazo de las áreas verdes urbanas del Área Metropolitana y su articulación con los ecosistemas circundantes en el Valle de Aburrá. Dicho instrumento fue acogido por todos los municipios de la subregión, mediante el Acuerdo Metropolitano No. 16 de 2006.
Decreto 817 de 2008 - Alcaldía de Medellín	Se establecen los lineamientos de la Política en Silvicultura Urbana y Paisajismo para Medellín, se reglamenta el Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo y se toman otras determinaciones.
Acuerdo 48 de 2014 - Concejo de Medellín	Se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín.
Acuerdo 10 de 2014 - Concejo de Medellín	Se reglamenta la Política de Biodiversidad para Medellín, dentro de la cual se reconoce la importancia de la arborización en la ciudad y la consolidación de los corredores ecológicos.
Acuerdo Municipal 46 de 2015 - Concejo de Medellín	Se adopta <i>“la estrategia integral para la gestión del Cambio Climático y la Variabilidad Climática en Medellín”</i> . En su artículo 5, calidad del aire y ecosistema, se establece: <i>“Se implementarán siembras masivas de árboles, y la recuperación de flora y fauna en las zonas rurales y urbanas, con el objetivo de propiciar el atrapamiento de CO₂, gases de efecto invernadero y aumento de producción hídrica (...)”</i> .
Acuerdo Municipal 47 de 2015 - Concejo de Medellín	Se institucionaliza <i>“la estrategia para la generación y mantenimiento de espacios públicos que propicien la compensación arbórea y de suelo verde en Medellín”</i> . Este Acuerdo plantea en su artículo 3 los siguientes objetivos: <i>a. Preservar y conservar las áreas verdes, los recursos naturales y el entorno medioambiental de Medellín.</i> <i>b. Asegurar la sostenibilidad medioambiental y la estructura ecológica de la ciudad.</i> <i>c. Generar por parte de la Administración nuevas áreas verdes en los entornos urbanos y rurales de Medellín.</i> <i>d. Crear cultura para la protección del entorno ecológico y medioambiental entre las personas de la ciudad (...)”</i> .
Acuerdo 41 de 2015	Se establecen los corredores para la avifauna, dentro del cual se contempla la arborización urbana y la importancia de realizar un censo arbóreo.



Norma y entidad que expide	Objetivo
Acuerdo 42 de 2015 - Concejo de Medellín	Se crean las terrazas verdes sostenibles y productivas en Medellín.
Acuerdo Metropolitano 19 de 2017 - AMVA	Se establecen lineamientos y determinaciones para la gestión del espacio público verde urbano, el fomento de apropiación social de espacios públicos verdes y la creación del Fondo Verde Metropolitano, además reglamenta la reposición por tala autorizada de árboles en la región metropolitana.
Acuerdo Metropolitano 33 de 2018 - AMVA	Se adopta el procedimiento de entrega, destinación y administración de nuevos espacios públicos verdes con ocasión de las medidas establecidas en el Acuerdo 019 de 2017.
Resolución Metropolitana 2247 de 2018 - AMVA	Se establece la Unidad de Valor Ecológico para el arbolado urbano y se toman otras determinaciones.
Resolución Metropolitana 2248 de 2018 - AMVA	Se conforma el Fondo Verde Metropolitano y se establecen los lineamientos para su funcionamiento.
Decreto 0895 de 2018 - Alcaldía de Medellín	Se adopta el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín – Gestión, Planeación y Manejo de la Infraestructura Verde y se dictan otras disposiciones.
Acuerdo Municipal 106 de 2018 - Concejo de Medellín	Se establecen los lineamientos para la preservación y restauración de los ecosistemas estratégicos de Medellín, cuyo alcance según el artículo 2 establece: <i>“promover, orientar y divulgar la participación de las entidades públicas y privadas en la protección, restauración y preservación de los ecosistemas estratégicos (...)”</i> .
Decreto 0598 de 2019 - Alcaldía de Medellín	Se define el manejo y protección para la preservación de los Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural de Medellín.
Decreto 774 de 2024 - Alcaldía de Medellín	Compilatorio del Decreto 895 de 2018. Se adopta el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín – Gestión, Planeación y Manejo de la Infraestructura Verde y se dictan otras disposiciones. Compilatorio del Decreto 598 de 2019. Se define el manejo y protección para la preservación de los Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural de Medellín.



2.3. Políticas Internacionales

Existen múltiples derroteros en el ámbito internacional que orientan las políticas y acciones encaminadas a la protección de los bosques urbanos. A continuación, se describen algunas de estas políticas que han surgido en los últimos años.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una serie de 17 metas globales adoptadas en 2015 por las Naciones Unidas como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2015). Su propósito es abordar los desafíos más urgentes del mundo, promoviendo un equilibrio entre el crecimiento económico, la inclusión social y la protección ambiental.

Los ODS que se relacionan directamente con el bosque urbano son los siguientes:

- **ODS 3: Salud y bienestar:** los espacios verdes urbanos mejoran la salud mental, reducen el estrés y promueven el bienestar.
- **ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles:** promover el acceso a espacios verdes y la planificación urbana sostenible.
- **ODS 13: Acción por el clima:** los bosques urbanos ayudan a mitigar el cambio climático al capturar carbono y reducir el efecto isla de calor.
- **ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres:** protege y restaura ecosistemas terrestres, incluidos los bosques urbanos, fomenta la biodiversidad dentro de las ciudades.

Plan de Acción de Guadalajara

El Tercer Foro Latinoamericano y del Caribe sobre Bosques Urbanos y Periurbanos realizado en Guadalajara (México) en el año 2022, formuló y lanzó el Plan de Acción de Guadalajara (PAG). Este Plan integra los conocimientos y resultados de foros y discusiones previas, sentando una base sólida para la adopción de medidas proactivas relacionadas con los bosques urbanos.

El Plan de Acción de Guadalajara es el resultado de un esfuerzo concertado que reúne a gobiernos, grupos cívicos, organizaciones vecinales, academia y gestores del bosque urbano; su objetivo es catalizar el desarrollo de ciudades resilientes y fomentar bosques urbanos biodiversos y multifuncionales, contribuyendo así a la seguridad alimentaria, la equidad ambiental y la obtención de bosques saludables para el bienestar de todas las personas.

Para convertirlo en una realidad en la región, se integran acciones que se alinean con varios objetivos: crear conciencia sobre el valor de los bosques urbanos, apoyar a los responsables de la toma de decisiones en la gestión de su capital verde, fomentar la gobernanza participativa para



el manejo de los bosques urbanos y fortalecer las capacidades técnicas en las áreas relacionadas con la silvicultura urbana. Las acciones incluidas en el PAG se resumen y clasifican en cuatro áreas de intervención: políticas públicas y legislación, educación, investigación y comunicación.

- ***Políticas públicas y legislación para la gobernabilidad***

Atiende problemáticas como los vacíos en la legislación nacional y regional sobre los bosques urbanos, la desconexión entre la planeación del bosque urbano y los programas de desarrollo urbano, así como las limitaciones en el presupuesto público. El reto es contar con una legislación y políticas públicas efectivas que involucren la participación de los ciudadanos.

- ***Educación y formación***

Es necesario democratizar la educación y la formación en el ámbito de los bosques y árboles urbanos, permitiendo que sea accesible a todas las partes interesadas (personas tomadoras de decisiones, personal operativo de los gobiernos locales, colectivos barriales, jardineros, jóvenes, mujeres y población en general) por medio de plataformas, las cuales deben formalizar redes de colaboración para la generación y difusión de información, recursos y directrices para mejorar la toma de decisiones y empoderar a los ciudadanos.

Las áreas educativas y de capacitación deben adaptar la información a los distintos perfiles y usuarios.

- ***Investigación***

Se acordaron diferentes propuestas para fortalecer el conocimiento, tales como la generación de un repositorio de información, la elaboración de un análisis sobre el estado actual de los bosques urbanos en Latinoamérica, la organización de seminarios en línea, la creación de un laboratorio viviente, entre otros.

- ***Comunicaciones***

Luego de identificar un desconocimiento generalizado sobre la gestión de los bosques urbanos y pretender subsanar esta falencia, se consideró la necesidad de democratizar la información en esta materia para empoderar a las personas de los diferentes sectores de la sociedad y lograr la participación oportuna e inclusiva en esta agenda.

Estos esfuerzos concertados impulsarán la implementación del Plan de Acción de Guadalajara, fomentando ciudades más frías y resilientes al clima, ciudades urbanas biodiversas y multifuncionales, territorios más equitativos y bosques que contribuyan a la seguridad alimentaria y promuevan medios de vida más justos.

Las Políticas mencionadas anteriormente contribuyen al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la especialmente los objetivos 3, 11, 13, 15 y 17,



relacionados con la Salud y Bienestar, Ciudades y comunidades sostenibles, Acción por el Clima, Vida de ecosistemas terrestres y Alianzas para cumplir objetivos.

Declaratoria de Washington D.C.

El Segundo Foro Mundial sobre Bosques Urbanos se llevó a cabo en Washington, D.C., del 16 al 20 de octubre de 2023, bajo el lema "Ciudades más verdes, saludables y felices para todos". Este evento reunió a más de 1.200 participantes de 61 países, incluyendo expertos, políticos y profesionales en silvicultura urbana, con el objetivo de intercambiar conocimientos y promover el desarrollo urbano sostenible y resiliente.

El evento culminó con la adopción unánime de la Declaración de Washington D.C., la cual hace un llamado a intensificar los esfuerzos para garantizar un acceso equitativo a los beneficios de las áreas verdes en zonas urbanas de todo el mundo, así como enfrentar el cambio climático y la pérdida de biodiversidad.

También ofrece recomendaciones para los responsables de la planificación y el desarrollo urbano, haciendo énfasis en el objetivo colectivo de maximizar los beneficios de los bosques urbanos para obtener ciudades más felices, más verdes, más inclusivas y resilientes.

Estas son las cinco sugerencias que establece para los planeadores y gestores de los bosques urbanos:

- Realizar evaluaciones interdisciplinarias en zonas urbanas para comprender el tejido socioeconómico de cada barrio, determinar la distribución de los beneficios de la infraestructura verde entre los distintos grupos socioeconómicos e identificar las desigualdades existentes.
- Involucrar a las comunidades locales en la planificación, diseño, gestión y cuidado de los espacios verdes, con el fin de garantizar que se tengan en cuenta sus necesidades y que se les capacite para transformar los espacios verdes urbanos en lugares más significativos, mediante una participación efectiva y procesos de toma de decisiones inclusivos.
- Involucrar a todas las partes interesadas para comprender mejor los retos y las oportunidades locales, armonizar sus intereses y garantizar la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo de los proyectos de reverdecimiento urbano.
- Desarrollar y aplicar soluciones inclusivas de reverdecimiento urbano que no solo eviten perpetuar las desigualdades sociales, sino que también contribuyan a su resolución por medio de la reducción del riesgo de gentrificación verde, la mitigación de las desigualdades relacionadas con el clima y la priorización de proyectos que cubran la brecha verde y creen igualdad de oportunidades para acceder a los bienes y servicios de los bosques urbanos.
- Apoyar, financiar y realizar estudios para identificar las lagunas de conocimiento,



promover mejores prácticas, fortalecer las herramientas para medir la equidad de los bosques urbanos, promover y apoyar colaboraciones científicas entre regiones y validar modelos de co-creación y métodos que involucren a residentes, gestores y poblaciones desatendidas, incluyendo la investigación-acción participativa y la ciencia ciudadana.

2.4. Recursos Técnicos e Informáticos

En la ciudad se han llevado a cabo acciones para generar conocimiento y plasmarlo en publicaciones financiadas por la Alcaldía de Medellín, las cuales orientan la selección de las especies y son una guía para el establecimiento y el manejo de la vegetación urbana. Entre ellas se destacan:

- El Manual de Silvicultura Urbana para Medellín (2007)
- Flora de la comuna 11: Guía ilustrada árboles, arbustos y palmas (2007)
- Manual básico de siembra (2009)
- Guía de silvicultura comuna 10 (2015)
- Guía de silvicultura comuna 15 (2019)
- Manual para jardineros. Guía de consulta rápida para la identificación de plantas ornamentales (2010).
- Árboles nativos y ciudad (2011)
- Flora de los bosques montanos de Medellín (2012). Publicado en alianza con la Universidad de Antioquia.
- Manual de Silvicultura Urbana para Medellín: Gestión, planeación y manejo de la infraestructura verde (2015).
- Vegetación espontánea urbana (2023). Publicado por la Secretaría de Infraestructura Física de Medellín.
- Página Web Conservación de la vegetación urbana de Medellín (2024). Es un proyecto desarrollado por la Alcaldía de Medellín y el Jardín Botánico de Medellín. Disponible en: <https://conservacionmed.com/contenido-educativo/>

Como complemento a estos recursos técnicos se cuenta con dos manuales que orientan el diseño, la intervención del espacio público y el manejo socioambiental.

- ***Manual de Diseño y Construcción del Espacio Público para Medellín (MEP)***

Fue adoptado mediante el Decreto 1097 de 2002. Está orientado a contribuir, desde su diseño e intervención, en la consolidación del espacio público como elemento ordenador del territorio, mejorando la calidad del mismo y permitiendo la accesibilidad y disfrute a todos sus usuarios, entre ellos las personas con discapacidad, mediante la distribución equilibrada de sus componentes, la dotación ordenada, racional y adecuada del mobiliario urbano, la arborización y



las redes e infraestructura de servicios públicos, así como la utilización de materiales que garanticen un proceso constructivo ajustado a las necesidades de la sostenibilidad y durabilidad.

- ***Guía de Manejo Socioambiental para la Construcción de Obras de Infraestructura Pública***

Es el instrumento técnico de manejo ambiental y social para los proyectos que no requieren licencia ambiental para su operación, contiene además un capítulo sobre gestión de fauna y flora en la obra pública.

En la región metropolitana se cuenta con libros como: Árboles del Valle de Aburrá (1998), Árboles ornamentales del Valle de Aburrá (2007) y Guía para el Manejo del Arbolado Urbano en el Valle de Aburrá (2015), publicados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Adicional a estos instrumentos, se cuenta con el Sistema Árbol Urbano (SAU), aplicativo público que facilita el acceso y consulta de la información sobre el manejo de la arborización urbana.

- ***Sistema Árbol Urbano (SAU)***

Medellín cuenta con la aplicación Sistema de Árbol Urbano (SAU), compartido entre el Distrito de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, siendo el único sistema de información en la región que integra a todos los actores que intervienen el arbolado urbano.

A través de la página <https://www.medellin.gov.co/sau/> el ciudadano puede visualizar la información de las intervenciones realizadas a los árboles. Para el ingreso y el registro de los datos de las entidades públicas o privadas, debe solicitarse un usuario y contraseña a los administradores, en este caso la Secretaría del Medio Ambiente si el proyecto es en el Distrito de Medellín; para los demás municipios requerir los datos al Área Metropolitana del Valle de Aburrá (sau@metropol.gov.co).

El SAU evidencia las intervenciones que adelantan el Distrito de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá sobre el arbolado, permitiendo hacer seguimiento a las mismas. Adicionalmente, el aplicativo permite extraer datos para trabajos de investigación e información para la toma de decisiones sobre el manejo del arbolado urbano.

Según el Decreto 2119 de 2011 para el Distrito de Medellín, todos aquellos contratos que realicen intervenciones sobre el arbolado urbano en espacio público están obligados a ingresar la información, en el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá todos aquellos programas o proyectos que intervengan el arbolado en área pública o privada.

En el aplicativo se registran todas las intervenciones requeridas al arbolado como la plantación, mantenimientos, trasplantes, podas y talas.



Los perfiles de usuario en el SAU son los siguientes:

- ✓ **Perfil administrador:** asigna permisos de acceso a los contratos de obra pública, programas, proyectos y convenios.
- ✓ **Perfil funcionario:** verifica uno a uno los árboles e intervenciones aprobadas por el interventor.
- ✓ **Perfil interventor:** verifica uno a uno todas las intervenciones que realiza el contratista.
- ✓ **Perfil contratista:** ingresa cada una de las intervenciones realizadas al arbolado (siembras, mantenimientos, trasplantes, podas y talas).
- ✓ **Perfil ciudadano:** al no registrar información de la obra pública no requiere usuario ni contraseña, únicamente visualiza cada una de las intervenciones realizadas al arbolado a través de la ficha técnica, en caso de requerir puede exportar información.

El aplicativo cuenta con manuales en los cuales se explica el manejo de acuerdo con cada perfil de usuario, así como la guía para la medición e ingreso de la información. Por otro lado, se dispone de videos tutoriales cortos donde se explica de manera concisa el uso y manejo del aplicativo, y se responde a preguntas de ingreso, edición, búsqueda de árboles, ingreso de intervenciones, obtención de reportes y exportación de fichas técnicas.



3. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

El conocimiento de las condiciones ambientales de la ciudad, tales como el clima, los suelos y el riesgo de incendios, es esencial para el manejo adecuado del bosque urbano. Estos factores influyen directamente en la selección de especies, su adaptación, crecimiento y capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos. Un manejo basado en el conocimiento ambiental permite tomar decisiones informadas que promuevan la resiliencia del bosque urbano frente a desafíos como el cambio climático, garantizando así su sostenibilidad y su contribución al bienestar de los habitantes.

3.1. Clima

La ciudad se encuentra localizada en la llanura aluvial del río Medellín, que es parte de la cuenca del río Aburrá. Está ubicada en un estrecho valle interandino enmarcado por una topografía irregular que oscila entre los 1.300 y 2.800 metros sobre el nivel del mar, su altitud media es de 1.495 msnm. Las cadenas montañosas dan lugar a la formación de diversos microclimas, saltos de agua, bosques y sitios de valor paisajístico y ecológico (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010).

El clima y la particularidad de los fenómenos atmosféricos en Medellín están determinados por su localización en el área de influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y las condiciones altitudinales y geográficas del territorio, aspectos que inciden en la distribución espacio temporal de la precipitación, la nubosidad y otras variables climatológicas (IDEAM & Universidad Nacional, 2018).

Distribución temporal y espacial de la temperatura

La distribución temporal de la temperatura media, máxima y mínima no presenta grandes variaciones a lo largo del año, con valores promedio anual para Medellín de 23 °C según el IDEAM (2021) en su análisis de normales climatológicas estándar entre los años de 1991 y 2020. Presenta oscilaciones no mayores a dos grados entre los meses más cálidos (junio y julio) y los menos cálidos (octubre y noviembre) al comparar los valores promedio. Hay mayores cambios en los valores máximos instantáneos de los horarios registrados (AMVA, Corantioquia & Cornare, 2018).

La temperatura media de la ciudad varía especialmente con la altura, encontrándose valores más altos en las zonas más bajas y en el centro de la ciudad, y registros más bajos en las partes altas de Medellín (Giraldo et al., 2010).



Distribución temporal y espacial de la precipitación

La ocurrencia de dos estaciones lluviosas a lo largo del año, la primera entre marzo y junio y la segunda entre octubre y noviembre, se originan por el paso de la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical) sobre la región Andina colombiana. El primer período húmedo está asociado al movimiento de sur a norte de la ZCIT, y el segundo al desplazamiento descendente de norte a sur. Entre la ocurrencia de los dos períodos húmedos se intercalan dos ciclos de menor precipitación.

A las consideraciones anteriores hay que agregar la influencia del ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) que puede causar fuertes cambios en la precipitación, como la sequía ocurrida en el primer trimestre de 2010 (Giraldo et al., 2010).

La distribución espacial de la precipitación en el Valle de Aburrá se debe a la influencia de la topografía: los vientos alisios que soplan hacia el suroeste empujan las masas de aire húmedo entre las montañas, que las desvían hacia el sur. Para el Distrito de Medellín se tiene en promedio una precipitación total anual de 1.758 mm según el IDEAM (2021), en su análisis de normales climatológicas estándar entre los años de 1991 y 2020.

Distribución temporal y espacial de la humedad relativa

A escala mensual, los mayores valores de humedad relativa corresponden a los meses de precipitaciones más altas y viceversa, ajustándose a un comportamiento bimodal. Los mayores índices promedio de humedad se generan en noviembre, el segundo período húmedo del año, y los valores mínimos promedio se presentan en julio y agosto. Según los registros históricos, la humedad relativa media anual para la zona urbana de Medellín es del 68%, es decir, el valor más bajo de la cuenca del río Aburrá, lo cual se asocia a mayores condiciones de temperatura.

Zonificación climática

De acuerdo con la metodología de clasificación de pisos térmicos, en el Distrito de Medellín la zona climática corresponde a templado semihúmedo en la zona urbana principalmente, y templado húmedo en las partes más altas que corresponden con las zonas rurales.

3.2. Suelos

Uno de los mayores desafíos para el crecimiento de la vegetación en las ciudades es la calidad de los suelos, los cuales enfrentan varios problemas críticos que afectan tanto a la vegetación urbana como a la calidad de vida de sus habitantes.

Entre las limitaciones más destacadas se encuentran:



- **Compactación del suelo:** la pavimentación y ocupación del terreno por infraestructuras urbanas han llevado a una alta compactación, la cual limita la capacidad de los suelos para absorber agua y nutrientes, afectando negativamente su calidad y la productividad de los cultivos.
- **Pérdida del agua subterránea:** la urbanización y la compactación del suelo han contribuido a la pérdida de agua subterránea. Esta tiene efectos negativos en el suministro de agua y en la calidad del suelo, lo que puede afectar la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos.
- **Presencia de escombros:** la acumulación de escombros en los suelos urbanos es común debido a la construcción y demolición de edificaciones. Estos materiales limitan la capacidad del suelo para absorber agua y nutrientes, afectando su calidad y la productividad de los cultivos.
- **Contaminación por metales pesados:** la actividad humana, como la industria y la minería, han ocasionado la contaminación de los suelos con metales pesados. Esta situación genera efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente, representando un riesgo significativo para la población urbana.

Tipos de suelos en Medellín

La formación de los suelos en el Valle de Aburrá, especialmente en la zona urbana del Distrito de Medellín, se clasifica en los siguientes tipos:

- **Entisoles:** son suelos que presentan bajo grado de evolución y que han sido desarrollados sobre material parental no consolidado; en general no presentan horizontes genéticos (excepto un horizonte A). Sus propiedades están fuertemente determinadas por el material original (Jaramillo, 2014; Ibáñez et al., 2010).
- **Ultisoles:** son suelos muy evolucionados, presentan un horizonte que ha acumulado arcilla que se ha movilizado desde la parte más superficial del suelo. Las arcillas acumuladas son de baja calidad por lo que el suelo es ácido y poco fértil (Jaramillo, 2014; Sánchez y Rubiano, 2015). Contienen baja saturación de bases, lo que limita su uso agrícola. Sin embargo, pueden ser regenerados mediante técnicas para reducir la acidez y son utilizados para el cultivo de coníferas y eucaliptos. Con el tiempo han sido reemplazados por construcciones urbanas. Se encuentran en las laderas de Medellín.
- **Inceptisoles:** son suelos que presentan evidencias de evolución incipiente que los ha llevado a desarrollar varios horizontes (Jaramillo, 2014). Pese a encontrarse en zonas con pendientes abruptas, ecosistemas forestales y terrenos agrícolas, han sido afectados por la urbanización.

Es crucial tomar medidas integrales para abordar los problemas de los suelos en la ciudad de Medellín y proteger tanto la salud humana como el medio ambiente. La implementación de



soluciones basadas en la naturaleza, junto con las buenas prácticas de silvicultura urbana, contribuirá al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida es estas áreas.

3.3. Riesgos de Incendios

Los incendios forestales en Medellín pueden afectar la cobertura, estructura y funcionalidad del bosque urbano y periurbano. Dado que la ocurrencia de incendios tiene efectos negativos para la población y el medio ambiente en la ciudad, surge la necesidad de incluir actividades para su prevención y manejo.

Desde mediados de 2017 el Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA) ha instalado equipos para la detección temprana de incendios, logrando hacer un registro de alertas por columnas de humo o puntos calientes en las zonas de cobertura donde las cámaras no cubren la totalidad del Distrito. Los registros obtenidos incluyen, además, quemas controladas o columnas de humo que se extinguen prontamente. El Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGR) y el Cuerpo de Bomberos Medellín generan también un registro de los incendios atendidos en el Distrito.

Por su parte, la Secretaría de Medio Ambiente (SMA), a través del Contrato Interadministrativo para el Fortalecimiento de los Cerros Tutelares y los Ecosistemas Estratégicos, inició desde el año 2017 el registro de los eventos de incendios en los cerros y áreas estratégicas de la ciudad. Desde el 2022 se ha realizado un registro detallado de la valoración de las coberturas vegetales y la delimitación de las áreas afectadas por estos eventos.

Frecuencia de incendios y áreas más afectadas

La ciudad de Medellín presenta un régimen de lluvias bimodal, con dos períodos secos y dos lluviosos. Como resultado, durante las dos temporadas anuales de menor precipitación (diciembre - febrero y junio - agosto), aumenta la probabilidad de incendios forestales. Además, la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos como El Niño, que trae consigo una considerable reducción de las lluvias y un aumento de las temperaturas, incrementa el riesgo de incendios forestales por la pérdida de humedad en la vegetación, siendo más susceptible al fuego.

Los incendios forestales ocurren con mayor frecuencia en las zonas periurbanas y rurales del Distrito, particularmente en áreas de importancia ambiental como los cerros tutelares y otros ecosistemas estratégicos como laderas y bordes de la ciudad. Prácticas comunes como la quema de residuos, ocupación ilegal de predios y las fogatas recreativas, son factores que contribuyen a la proliferación de estos eventos.

Durante la época de sequía de 2023 la zona con más conflagraciones fue el corregimiento de San Cristóbal con 14 incidentes, en la comuna 9 (Buenos Aires) y 7 (Robledo) se presentaron 11 incendios en cada una, según los datos reportados por el DAGRD (Alcaldía de Medellín, 2023).



Como se mencionó anteriormente, los incendios en el Distrito suelen presentarse o incrementarse durante las dos épocas secas del año. En agosto de 2023 el DAGRD y el Cuerpo Oficial de Bomberos Medellín atendieron 103 incendios que afectaron las coberturas vegetales en la ciudad, frente a 24 en el mismo periodo de 2022. El incremento en el número de eventos se debe a los efectos del cambio climático y a la ocurrencia del fenómeno de El Niño (Alcaldía de Medellín, 2023).

La Secretaría de Medio Ambiente de Medellín cuenta con algunos datos para el Cerro El Volador, los cuales se obtuvieron de los registros del Contrato Interadministrativo para el Fortalecimiento de los Cerros Tutelares y los Ecosistemas Estratégicos. En el año 2017 se presentaron al menos cinco eventos en la primera parte del año (diciembre - febrero) y cuatro en la segunda (julio - agosto). Para el 2018 se registraron cuatro incendios en la primera parte del año y cinco en la segunda. Por su parte, el año 2019 tuvo un aumento particular al registrarse 11 eventos en el primer periodo de pocas lluvias y nueve en el segundo del mismo año. En el caso del primer periodo del año 2020 se registraron siete incendios en el Cerro de acuerdo con los registros de la Secretaría.

Causas de los incendios forestales

La mayoría de las conflagraciones que ocurren en el Distrito tienen causas antrópicas, ya que muchos de estos eventos son intencionales o producto de la negligencia (fumadores, fogatas, uso de pólvora). Otras situaciones son accidentales como la caída de líneas eléctricas que tienen contacto con la vegetación, o algunas prácticas comunes como la quema de residuos, la adecuación de terrenos para la agricultura o la ocupación ilegal de predios.

En Colombia es común aplicar las quemas controladas durante las actividades agrícolas, específicamente para la preparación del suelo, el descapote del terreno, la recolección de cosechas y la disposición de rastrojos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005). A pesar de las exigencias establecidas en la Resolución 532 de 2005, es común que el personal no tenga control total sobre la quema, ni cuente con un plan de contingencia adecuado, lo cual puede generar un incendio forestal que produzca la pérdida considerable de la cobertura vegetal, ocasionando la aceleración de los procesos erosivos y el deterioro de las características del suelo.

Consecuencias de los incendios forestales

Los incendios forestales afectan diversas especies de árboles y otro tipo de vegetación, así como la fauna silvestre y el deterioro o la pérdida de su hábitat. Estos efectos son en muchas ocasiones irreversibles, ya que el daño de cobertura vegetal destruye la conectividad ecológica de los ecosistemas estratégicos y otros servicios ambientales esenciales que ofrecen estas áreas.

Es fundamental evaluar los tipos de cobertura vegetal que se han visto afectados por estos eventos, con el fin de identificar las estrategias más adecuadas para la intervención y recuperación de estas áreas. De acuerdo con la clasificación de las coberturas de la metodología



Corine Land Cover adaptada para Colombia por el IDEAM (2010), las coberturas vegetales que se encuentran en las áreas afectadas por los incendios registrados en el periodo 2022-2023 son principalmente pastos enmalezados, plantaciones de coníferas, pastos arbolados y vegetación secundaria baja.

Por medio del Contrato Interadministrativo para el Fortalecimiento de los Cerros Tutelares y los Ecosistemas Estratégicos de la Secretaría de Medio Ambiente, se ha realizado una importante tarea entre los años 2022 y 2023, documentando con más detalle las ocurrencias de estos eventos y sus consecuencias en el ecosistema. En la Tabla 2 se presenta un resumen de las hectáreas incendiadas en cerros tutelares entre agosto de 2022 y agosto de 2023, según los tipos de coberturas anteriormente mencionadas.

Tabla 2. Áreas afectadas por incendios en los cerros tutelares entre agosto de 2022 y 2023.

Cerro tutelar	Áreas afectadas por incendios (ha)					
	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Plantación de coníferas	Vegetación secundaria baja	Tierras desnudas y degradadas	Total
El Picacho	0,01	3,33	1,22	0,26	0	4,82
El Volador	0,04	0	0	0	0	0,04
Golondrinas	0	0	0	0,48	0	0,48
Loma Hermosa	0,03	1,50	0	0,07	0	1,59
Pan de Azúcar	0,59	0,73	2,80	0	0,06	4,18
Tres Cruces	0	0,04	0	0	0	0,04
Total	0,67	5,60	4,02	0,81	0,06	11,15

El equipo de cerros tutelares ha intensificado el nivel de detalle en el levantamiento de información y seguimiento periódico a los eventos de incendios forestales, los cuales se han presentado reiteradamente en espacios como los Ecoparques del Jardín Circunvalar, el Ecoparque Mirador Cerro El Picacho, Cerro de las Tres Cruces, Cerro El Volador y Cerro Loma Hermosa. La evaluación del área, las coberturas vegetales y las especies asociadas a cada sitio afectado han permitido determinar las estrategias y acciones de recuperación.

Se han identificado plantaciones de algunas especies introducidas como el pino pátula (*Pinus patula*) establecidas principalmente en el Cerro Pan de Azúcar, Cerro El Picacho y Tres Cruces. En menor grado se han registrado quemados en individuos plantados de especies como eucalipto (*Eucalyptus saligna*), acacia negra (*Acacia melanoxylon*), níspero (*Eriobotrya japonica*), leucaena (*Leucaena leucocephala*) y palma yuca (*Yucca gigantea*).



Es importante mencionar que, en el caso de las plantaciones de pino, las hojas o acículas presentes han contribuido a la propagación de los incendios, debido a la formación de una capa densa de hojarasca en el suelo que ocasionan que el fuego quede latente y no sea visible para ser controlado, registrándose nuevamente eventos en el mismo sitio.

La especie leucaena (*Leucaena leucocephala*) se ha registrado frecuentemente dentro de las coberturas afectadas, dado que crece espontáneamente y logra establecerse en diferentes rangos altitudinales, tolerando un amplio rango de suelos, en especial de tipo rocoso y con altas pendientes. Además, es muy usada para procesos de restauración ecológica por su rápido crecimiento y capacidad adaptativa.

En los cerros tutelares y ecosistemas estratégicos se ha procurado el establecimiento de especies nativas, con el fin de enriquecer y restaurar la cobertura boscosa en sus diferentes estados sucesionales, promover la conservación de los suelos, aumentar la biodiversidad y regular el ciclo hidrológico. Esta cobertura ha sido una de las más afectadas, registrándose pérdidas de individuos de especies como noro (*Byrsonima crassifolia*), guayaba feijoa (*Acca sellowiana*), arrayán (*Myrcia popayanensis*), suribio (*Zygia longifolia*), mestizo (*Cupania americana*), drago (*Croton magdalenensis*), cucharo (*Myrsine guianensis*), encenillo (*Weinmannia pubescens*), balso (*Ochroma pyramidale*) y aguacatillo (*Persea caerulea*).

Regeneración natural

Al interior de los ecosistemas se cuenta con áreas en procesos de recuperación natural, donde predominan especies nativas en diferentes estados sucesionales, las cuales crecieron espontáneamente y se adaptaron a las condiciones de cada sitio. Se han identificado individuos afectados de las especies noro (*Byrsonima crassifolia*), cucharo (*Myrsine guianensis*), zurrumbo (*Trema micrantha*), hoja de lanza (*Miconia caudata*), uvito de monte (*Cavendishia pubescens*), nigüito (*Miconia* sp.), zarzamora (*Rubus ulmifolius*), yarumo (*Cecropia* sp.), arrayán (*Myrcia popayanensis*), achiote (*Bixa orellana*), guayabo agrio (*Psidium guineense*) y liberal (*Euphorbia cotinifolia*).

Áreas con cultivos de fique

Durante la ocurrencia de incendios se han afectado áreas con cultivos de fique. Estas plantaciones se han establecido principalmente en terrenos con condiciones hostiles por sus características de altas pendientes y pedregosidad; o como barreras en las fajas cortafuego para evitar o atenuar la propagación de los incendios forestales.

Vegetación herbácea

Los pastos enmalezados predominan en muchas áreas de los cerros, siendo esta una de las coberturas más afectadas en caso de incendio. Estos eventos se asocian principalmente a zonas con intervención antrópica, donde se ha transformado el paisaje con la finalidad de ocupar de



forma irregular el territorio, así como sectores perturbados por ocurrencia de eventos de incendios en períodos anteriores, los cuales se encontraban en proceso de recuperación.

En estas áreas se encuentra principalmente la especie helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) fácilmente inflamable, lo que propicia la propagación de los incendios.

Es importante resaltar que en el periodo comprendido entre el 2019 y 2020, aunque no se cuenta con informes detallados sobre los eventos registrados, se tiene reporte de afectación a coberturas vegetales de tipo arbustivo y matorrales (rastros bajos), compuestos por brinzales y herbáceas, latizales altos y fustales. Como consecuencia, se evidenciaron afectaciones graves y una alta tasa de mortalidad en árboles jóvenes y herbáceas, así como daños moderados en árboles de mayor altura.

Las especies más afectadas son helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), guadua (*Guadua angustifolia*), nigüito (*Miconia* sp.), pino (*Pinus patula*), ciprés (*Cupressus lusitanica*), senecio, eucalipto (*Eucalyptus* spp.), arbustos de estados sucesionales tempranos de las familias Asteraceae y Fabaceae e individuos de la familia Orchidaceae.

Restauración de Cerros Tutelares

Ante el incremento de incendios en los periodos de menos lluvia del año, se han llevado a cabo actividades de restauración asistida en los cerros tutelares para algunas de las zonas afectadas, entre las acciones se destacan la remoción de vegetación herbácea o coberturas de pastizales, el acondicionamiento del suelo con cal agrícola y fertilizantes que aportan nutrientes para el establecimiento de árboles de especies nativas. Esto contribuye al mantenimiento de la biodiversidad y la recuperación de los servicios ecosistémicos que prestan las coberturas boscosas.

En algunas áreas con condiciones topográficas y edáficas adversas, las actividades de restauración se limitan a permitir la regeneración natural. La intervención o resiembra en estas zonas resulta compleja por las características del suelo que dificultan el anclaje y establecimiento de individuos nuevos, por lo que es necesario permitir la regeneración de árboles que logren adaptarse a estas condiciones.

Prevención de Incendios Forestales

La prevención es la herramienta más importante para hacerle frente a la ocurrencia de incendios, por esto el Ministerio de Agricultura (2005) ofrece recomendaciones generales para que los agricultores estén preparados para las épocas de sequía, de tal forma que desde el momento de la plantación de individuos se pueda disminuir el riesgo de incendios. Algunas sugerencias son incorporar materia orgánica y reducir la compactación, con el fin de que los suelos tengan mayor porosidad y capacidad de almacenamiento de agua, siendo menos propensos al fuego.

Así mismo, desde la Secretaría de Medio Ambiente se ha fortalecido a las comunidades por medio de la sensibilización y capacitación en labores de vigilancia y control.



Capacitación, control y vigilancia

Durante los recorridos de control y vigilancia en los cerros tutelares, se identifican problemáticas ambientales que podrían contribuir a la degradación del entorno natural y paisajístico en caso de un incendio. Estas jornadas también buscan sensibilizar de manera personalizada a los visitantes, por esto los promotores ambientales brindan orientación sobre el manejo adecuado de residuos y su correcta disposición, así como el uso responsable de fogones y fogatas.

En estas campañas educativas se realizan visitas puerta a puerta en los barrios cercanos a los cerros tutelares, informando y promoviendo el cuidado del medio ambiente, así como el fomento de buenas prácticas ambientales entre habitantes y visitantes. Además, se entregan afiches en puntos estratégicos con información sobre la prevención de incendios forestales (Figura 2), aumentando la conciencia ambiental en las comunidades de la zona de influencia de los cerros.



Figura 2. Medidas para evitar incendios forestales.



Establecimiento y mantenimiento de cultivos de fique

El fique (*Agave sp.*) ha sido cultivado en algunos cerros, principalmente sobre los bordes de las fajas cortafuegos, dado que se trata de una planta que funciona como barrera contra incendios por su capacidad para aislar la temperatura, evitando o atenuando su propagación. Además, ha sido objeto de mantenimientos constantes para la eliminación de plantas arvenses o herbáceas que pueden favorecer la extensión del área afectada.

Mantenimiento de fajas cortafuegos

En los cerros tutelares se ha implementado la delimitación y mantenimiento de fajas cortafuego, las cuales consisten en áreas donde se ha eliminado totalmente la vegetación para romper la continuidad y evitar o modificar la velocidad de propagación del fuego en caso de presentarse algún incendio forestal, permitiendo con ello la detención o disminución de este.

En el Cerro de las Tres Cruces la actividad de mantenimiento ha consistido en remover la capa orgánica del suelo, dejando la superficie totalmente descubierta sin ningún tipo de material inflamable como pastos secos, ramas y todo tipo de vegetación existente sobre esta faja. El ancho mínimo es de cuatro metros a lo largo de toda la línea delimitada en el plano, limpiando desde el centro hacia ambos lados y cubriendo el cultivo de fique establecido a lo largo de las fajas.

Así mismo, en el Cerro El Volador se ha llevado a cabo el mantenimiento de las barreras cortafuegos existentes, donde ha sido eliminada la cobertura de pastos altos a 4 metros a lado y lado de la línea en que se encuentra sembrado el fique, esto con el fin de disminuir la posibilidad de incineración de estas plantas. Adicionalmente, por parte de Empresas Varias de Medellín, se realizan actividades constantes de mantenimiento en estas áreas, eliminando coberturas que puedan propagar los incendios.

Actividades de mantenimiento

Se realizan labores de mantenimiento constantes en las zonas verdes de los cerros por parte del Operador EMVARIAS. Esto contribuye a la eliminación de la vegetación herbácea y la disposición final adecuada del material vegetal producto de la intervención, evitando posibles focos de incendios por la incineración del material seco.

Propuestas de recuperación

Entre las acciones propuestas para restaurar las áreas afectadas por los incendios se plantea, en primera instancia, el aislamiento de la zona para reducir la intervención humana y facilitar la regeneración natural de la cobertura vegetal.

En algunos casos, se debe evaluar la pertinencia de implementar un sistema de contención del material incinerado, tipo terrazas o barreras de retención de agua, con el fin de evitar procesos erosivos que produzcan la pérdida de cenizas y nutrientes aún presentes en los residuos. Es



importante tener en cuenta que en la capa incinerada existen niveles elevados de algunos nutrientes que son fundamentales para el proceso de restauración natural.

Para el caso de terrenos con condiciones de alta pendiente y pedregosidad, lo más recomendable es permitir que el área se recupere de forma natural. Es decir, que se regeneren en el sitio las plantas que naturalmente logran adaptarse a las condiciones adversas del entorno, mediante el proceso de sucesión ecológica, de acuerdo con las dinámicas propias del ecosistema.

En las áreas donde existan espacios aptos, se recomienda iniciar el establecimiento de plantas de fique, como reemplazo de los individuos afectados. En sitios nuevos donde existía cobertura de pastizales y plantaciones de árboles de especies introducidas, en la que se generaron claros, iniciar proceso de reemplazo con especies nativas.

Las actividades correspondientes al reemplazo paulatino de las plantaciones de pino (*Pino patula*), por otros árboles de especies nativas tanto pioneras, de rápido crecimiento, como de otros estados sucesionales, que sean fácilmente adaptables a las condiciones del suelo. Esto favorece la riqueza de especies y el mantenimiento de la conectividad ecológica de los ecosistemas.

Se hace necesario, además, para los procesos de control y vigilancia, la articulación con las Autoridades Ambientales. En el caso de las zonas rurales, con la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) y en la zona urbana con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).

Por último, y no menos importante, se deben reforzar las campañas de sensibilización y el monitoreo constante, con el fin de impedir que se continúen presentando los eventos de incendio en los Cerros Tutelares y Ecosistemas Estratégicos, en articulación con los propietarios de los predios privados.



4. VEGETACIÓN

El diagnóstico de la vegetación es un componente esencial en la elaboración del Plan Distrital de Silvicultura Urbana dado que permite evaluar el estado actual de los árboles y otras plantas existentes en la ciudad. Este diagnóstico debe incluir el análisis de los espacios verdes urbanos, la caracterización de las especies y el estado de los árboles que componen el bosque urbano. Esta información es crucial porque proporciona las bases para promover la salud y sostenibilidad de este ecosistema, y prevenir los riesgos a las personas y la infraestructura, fomentando la biodiversidad, y garantizando que la vegetación urbana contribuya de manera óptima a la calidad ambiental y al bienestar de la población.

4.1. Espacios Verdes Urbanos

Como parte de la estrategia de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín por la conservación, restauración y promoción del uso sostenible de los recursos naturales, se inició la consolidación de los Corredores Ecológicos para proteger la fauna y flora. Para ello, se desarrolló la Fase 1 del Proyecto Piloto de Conectividad Ecológica de los Corredores Verdes Urbanos del Distrito de Medellín, mediante el contrato No. 4600067020 de 2016, celebrado con la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín (Alcaldía de Medellín & Universidad Nacional, 2017). Este proyecto integró dos componentes principales: Conectividad Ecológica y Diseño de Paisaje, con el objetivo de generar herramientas de planificación y diseño como parte de la gestión inicial de la infraestructura verde.

Debido a la importancia del proyecto y su consolidación como herramienta de gestión de la infraestructura verde, se amplió el análisis a toda la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, comprendiendo que la conectividad ecológica debe abordarse de manera conjunta para obtener resultados a escala regional, permitiendo así generar directrices integradas entre los entes territoriales, la autoridad ambiental y los actores involucrados en el territorio.

Para ello, se ejecutó el Convenio Interadministrativo 579 de 2019, el cual facilitó la cooperación a través del intercambio de información y metodologías entre el Área Metropolitana y el Distrito de Medellín, permitiendo desarrollar el análisis de la conectividad ecológica funcional y estructural en la región metropolitana del Valle de Aburrá. Esta investigación se llevó a cabo mediante la ejecución del Contrato Interadministrativo No.1344 de 2018, suscrito entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Nacional de Colombia (Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional de Colombia, 2020).



Teniendo en cuenta los estudios realizados en el año 2016, 2018 y 2019 mencionados anteriormente, se presentan los resultados encontrados para el Distrito de Medellín relacionados con las zonas verdes urbanas y la conectividad ecológica.

4.1.1. Inventario de los Espacios Verdes Urbanos

En el estudio de conectividad desarrollado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Nacional de Colombia (2020) se realizó el inventario de los Espacios Verdes Urbanos (EVU), tanto públicos como privados, con un área igual o mayor a 4 m². En la caracterización de estos espacios se incluyeron variables como la cobertura dominante, el rango aproximado de árboles existentes, el equipamiento asociado, la tenencia y la categorización multiescalar, según la homologación del Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos (AMVA, 2007) al Manual de Silvicultura Urbana para Medellín (Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, 2015).

Para Medellín se encontró un total de 3.756,74 hectáreas de EVU, lo que representa el 33,43 % del área total urbana. Sin embargo, de esta área de EVU, solo 1.123,88 hectáreas corresponden a predios públicos, lo que representa al 29,92 % de los EVU. De estos espacios públicos, el 22,86 % (858,81 ha) corresponden a espacios de uso público y un 7% (265,07 ha) se encuentran al interior de bienes fiscales. Según esta información, el espacio público verde de uso público corresponde al 7,64 % del área urbana del Distrito de Medellín. El área de EVU en predios privados equivale a 2.632,86 ha, lo que representa el 70,08 % de los EVU y el 23,43 % del área urbana (Figura 3).

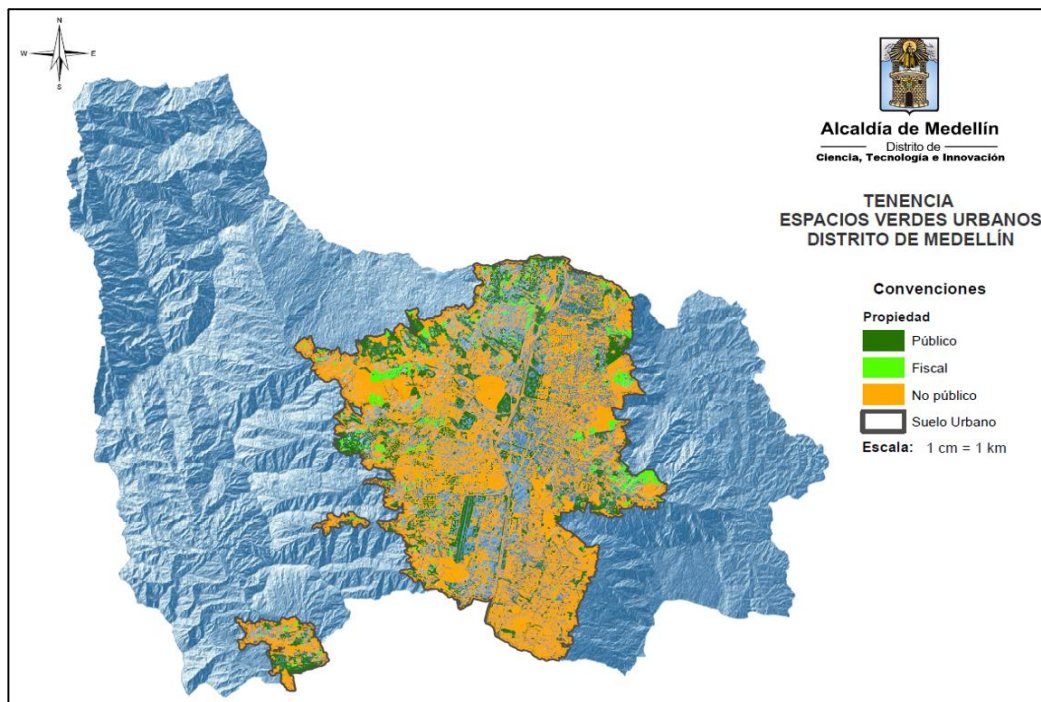


Figura 3. Espacios verdes en la zona urbana del Distrito de Medellín.

Diagnóstico de la cantidad y calidad de los espacios verdes urbanos

En relación con la cantidad y calidad de los espacios verdes en Medellín, se identificó la cobertura dominante para cada EVU. El análisis reveló que el 58,03 % (2.180 ha) de las zonas verdes está cubierta principalmente por grama y/o pastos, seguido por cobertura arbórea con un 36,24 % (1.361,45 ha), arbustos con un 2,27 % y jardines con un 1,05 %. Otras coberturas como cultivos, suelos semipermeables y demás categorías representan menos del 1%. En la Figura 4 se ilustran los espacios verdes urbanos según la cobertura dominante.

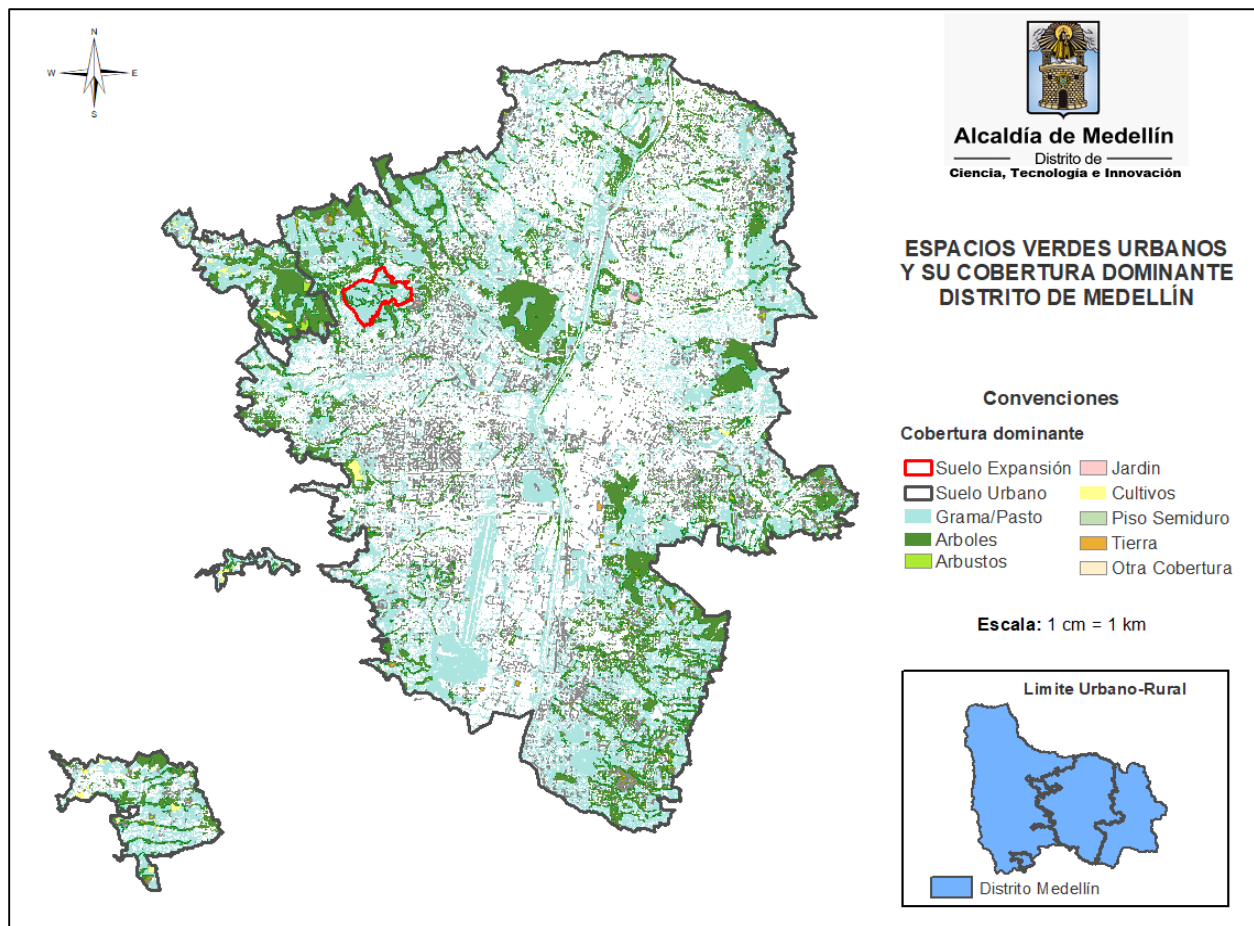


Figura 4. Cobertura dominante de los Espacios Verdes Urbanos de Medellín.

Considerando los datos de la población del DANE para el año 2018, el Distrito de Medellín contaba con 2.312.455 habitantes. Basados en esta información, se tiene un indicador de espacio verde por habitante de 16,25 m²/habitante. Sin embargo, si se consideran únicamente los espacios verdes urbanos públicos, se encuentra que en la ciudad el indicador es de 4,86 m²/habitante.

En cuanto a las áreas de retiros de quebradas (según la cartografía asociada a los ríos y quebradas con sus respectivas franjas de protección definidas en la capa del Sistema Hidrográfico del Acuerdo 48 de 2014) se encontró que del total de 1.563,73 ha de retiros en el suelo urbano, el 55 % (858,63 ha) está ocupado por zonas verdes. De este porcentaje, el 62,64 % cuenta con una cobertura predominante de árboles y arbustos. El área restante de los retiros, equivalente a 705,10 ha (45 %), está ocupada por construcciones, lo que impide que cumpla su función de protección.



Por lo tanto, es necesario que el Distrito de Medellín evalúe la pertinencia de enriquecer las áreas cubiertas solo con grama, y determine las acciones necesarias para gestionar el área de los retiros que actualmente están contruidos, con el fin de mejorar la protección de estos espacios y asegurar que cumplan con los usos establecidos en el POT.

Finalmente, se calculó el índice de metros cuadrados de zona verde por habitante para cada una de las 16 comunas que componen el suelo urbano de Medellín. Los resultados muestran que las comunas 1, 2, 4, 6 y 12 tienen un índice inferior a 10 m² por habitante; el índice se encuentra entre 10 y 20 m² por habitante en las comunas 3, 5, 10, 11, 13, 16, 8 y 9. Las comunas con los mayores índices son la 15, 7 y 14, con valores superiores a 20 m² por habitante.

Los resultados obtenidos determinan que las comunas con menor índice de zona verde requieren intervenciones prioritarias que promuevan el aumento de los EVU por habitante (Tabla 3 y Figura 5).

Tabla 3. Indicadores de cantidad de EVU (público y privado) por comuna en Medellín.

Comuna/ Corregimiento	Área (m ²)	Área EVU (m ²)	%EVU	*Habitantes (Año 2019)	EVU per cápita (m ² /habitante)
2. Santa Cruz	2.195.872,12	311.167,88	14,17%	113.520	2,74
6. Doce de Octubre	3.850.031,47	663.604,86	17,24%	195.800	3,39
4. Aranjuez	4.883.730,13	840.705,27	17,21%	163.489	5,14
1. Popular	3.098.286,31	889.149,28	28,70%	132.482	6,71
12. La América	3.973.374,07	739.838,67	18,62%	97.457	7,59
3. Manrique	5.096.745,01	1.626.116,17	31,90%	162.374	10,01
5. Castilla	6.064.361,96	1.539.854,20	25,39%	151.785	10,14
10. La Candelaria	7.361.369,84	891.953,13	12,12%	85.783	10,40
11. Laureles	7.402.958,16	1.394.879,63	18,84%	123.185	11,32
13. San Javier	4.849.266,51	1.628.708,74	33,59%	140.243	11,61
16. Belén	8.856.475,11	2.362.254,36	26,67%	197.593	11,96
8. Villa Hermosa	5.717.613,17	2.250.990,87	39,37%	139.493	16,14
9. Buenos Aires	6.053.273,16	2.395.942,65	39,58%	137.494	17,43
15. Guayabal	7.288.772,26	1.961.185,79	26,91%	96.142	20,40
7. Robledo	9.462.357,83	4.507.992,44	47,64%	176.810	25,50
14. El Poblado	14.415.474,76	6.235.533,44	43,26%	133.814	46,60
Corregimiento de San Antonio de Prado	3.990.623,41	2.025.578,41	50,76%	8.323,53	243,36
Corregimiento de San Cristóbal	6.316.825,45	4.527.812,75	71,68%	12.374,69	365,89



Comuna/ Corregimiento	Área (m ²)	Área EVU (m ²)	%EVU	*Habitantes (Año 2019)	EVU per cápita (m ² /habitante)
Corregimiento de Altavista	947.509,86	523.972,94	55,30%	1.352,26	387,48
Corregimiento de Santa Elena	137,75	137,65	99,93%	0,04	3441,25
Total	111.825.058,33	37.317.379,13	33,37%	2.269.514,52	16,44

Fuente: Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional de Colombia (2020)

*Proyecciones de población total por comuna y año 2005-2020. Información generada por la Subdirección de Información del Departamento Administrativo de Planeación, a partir de las proyecciones poblacionales del DANE para las comunas y corregimientos de Medellín. La población para los corregimientos se extrapola a partir del área total del corregimiento según información del Distrito de Medellín y el número total de habitantes de acuerdo con la proyección del DANE 2019.

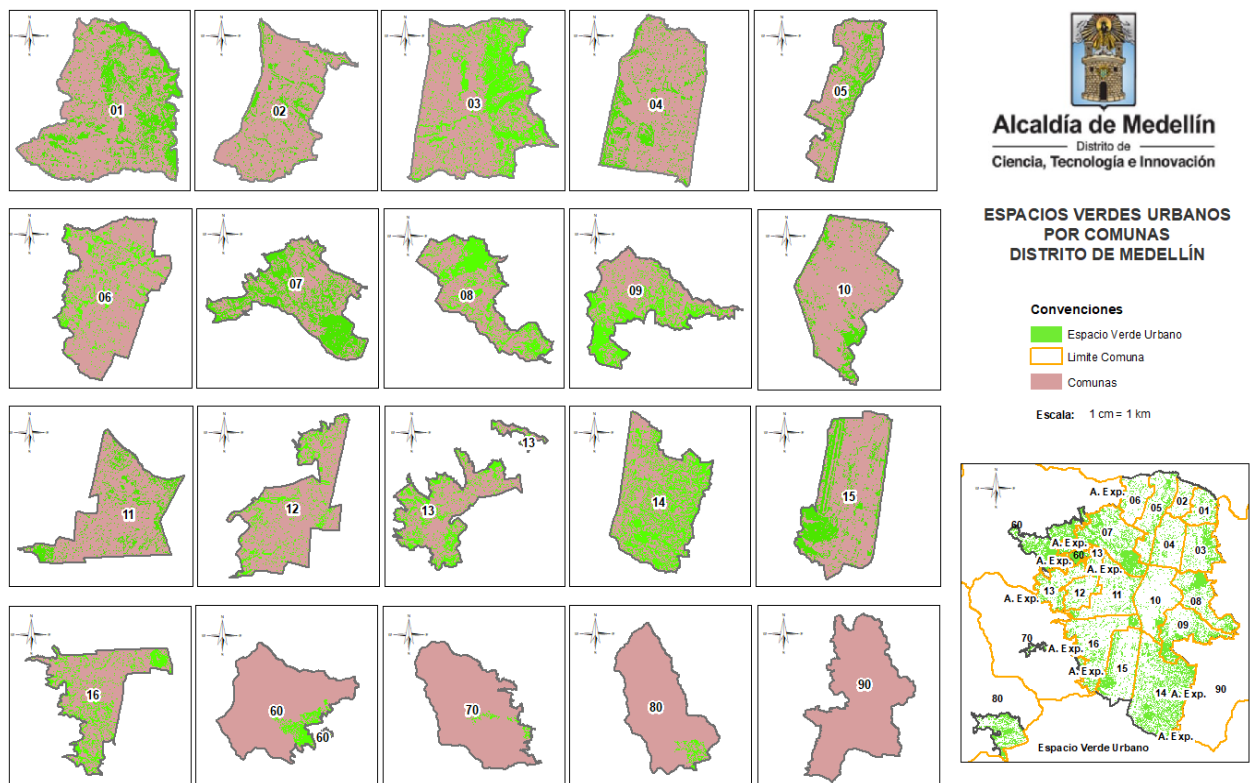


Figura 5. Espacios Verdes Urbanos por comuna en el Distrito de Medellín.



4.1.2. Conectividad Ecológica

El análisis y modelamiento de las redes de conectividad funcional realizado por el AMVA y la Universidad Nacional de Colombia (2020) se ejecutó en cinco etapas: construcción de matriz de resistencia, construcción de los modelos de conectividad, análisis de compartimentalización de la red de conectividad, categorización de los elementos de la red de conectividad y definición de las medidas de manejo de la Red Metropolitana de Conectividad Ecológica.

Construcción de la matriz de resistencia: se utilizó el modelo de diversidad para las aves empleando dos valores de escalamiento ($c=0,25$ y $c=4$), asumiendo que la mayor resistencia al flujo de energía y materia corresponde a las zonas donde hay una menor cantidad de especies que encuentran condiciones para ocupar o prevalecer (*i.e.*, zonas con menor diversidad) de acuerdo con las variables ambientales del paisaje.

Construcción de los modelos de conectividad: se emplearon la Teoría de Circuitos Eléctricos y Caminantes Aleatorios y los algoritmos de Rutas de Menor Costo de Viaje Acumulado.

Teoría de Circuitos Eléctricos y Caminantes Aleatorios: por medio de este modelo se identificaron las zonas con alta concentración de corriente eléctrica, lo que sugiere que tienen un mayor aporte a la conectividad del paisaje y son áreas irremplazables en términos de conectividad (McRae et al., 2008).

Rutas de Menor Costo de Viaje: este modelo muestra las rutas óptimas o de menor costo de viaje. Estas rutas indican zonas claves para la conectividad con el sistema de áreas protegidas o potenciales corredores. Son áreas con menor resistencia, lo que facilita el movimiento teórico de los organismos, formando conexiones entre puntos clave. Los elementos del paisaje presentes en estas rutas son fundamentales para garantizar la conectividad.

Compartimentalización de la Red: se refiere a la segmentación del paisaje en subconjuntos denominados compartimentos, los cuales agrupan parches de hábitat (EVU) en función de la densidad de enlaces y la probabilidad de conectividad de cada uno de los elementos que la componen. De esta manera, se maximiza la cantidad de enlaces dentro de cada compartimento y se minimiza el número entre subconjuntos (Galpern, 2011; Bronwyn, Fortin, & Fall, 2011).

El análisis de compartimentación de la red permitió delimitar para Medellín un total de 49 grupos de Espacios Verdes Urbanos significativamente conectados entre sí conformando áreas de influencia ecológica. Debido a que los elementos que se encuentran dentro de un área de influencia ecológica están funcionalmente mejor conectados entre sí que con elementos de otras áreas, se espera que exista un mayor flujo de individuos al interior de la misma zona, que intercambios hacia el exterior de esta (Lechner & Doerr, 2015). Esto permite inferir que los cambios positivos o negativos sobre una zona verde particular afectan principalmente a otras



zonas dentro de su misma área de influencia, lo que facilita definir distritos o zonas de manejo específico para la conservación y/o restauración de la red de conectividad a escala local.

Estas áreas también pueden delimitar los espacios verdes urbanos de la red de conectividad que deben considerarse para la evaluación de impactos a escala local, por ejemplo, en el contexto de la evaluación de impactos de las obras de infraestructura sobre la conectividad.

Categorización de los elementos del análisis funcional

Teniendo en cuenta el análisis funcional realizado, se categorizaron los elementos de la red de conectividad haciendo uso del nivel de importancia de cada EVU y su aporte a la conectividad, clasificándose en seis tipos de elementos: nodo, zona de enlace, enlace primario, enlace secundario, escalón y fragmento.

La importancia de cada EVU no se refiere únicamente a la capacidad de movimiento de las especies, sino también a la oferta de recursos para conservar la mayor cantidad de fauna urbana del Valle de Aburrá. Estos recursos pueden estar relacionados con la oferta de alimentos, perchas y sitios de reproducción, microhábitats, facilidad para el movimiento de individuos, entre otros. A continuación, se describen los seis elementos categorizados de acuerdo con el estudio de Conectividad Ecológica Funcional en el Distrito de Medellín.

Nodo: corresponde a los EVU asociados a las áreas de conservación pertenecientes al Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas (SIMAP): Área de Recreación Parque Ecológico Cerro Nutibara, Área de Recreación Cerro La Asomadera y Parque Natural Regional Metropolitano, Cerro El Volador y la Reserva de la Sociedad Civil Club El Rodeo. Los nodos son las áreas más importantes para la conservación de la biodiversidad urbana y sus servicios ecosistémicos en la ciudad; la mayoría de ellos cuenta con planes ambientales y estrategias definidas para su conservación.

Zona de enlace: corresponde a los EVU que representan un alto grado de importancia en términos de conectividad funcional, por tanto, deben recibir junto con los nodos, la mayor protección. Se definieron al seleccionar las zonas verdes que presentan valores de importancia muy altos, tanto con el método de circuitos eléctricos como con las rutas de menor costo (i.e., circuitos ≥ 7 y rutas menor costo ≥ 7).

Las zonas de enlace complementan a los nodos como base para la conservación de la biodiversidad urbana y sus servicios ecosistémicos. Muchos de ellos pueden ser candidatos para configurar nuevas áreas protegidas urbanas o estrategias complementarias de conservación. Sin embargo, en esta categoría se encuentran elementos que, aunque no cumplen con los criterios para ser candidatos de área protegida, por ejemplo, glorietas, separadores y franjas de amoblamiento, tienen un papel importante independiente del tipo de EVU. Su conservación es crucial para no perjudicar la conectividad regional, pues cualquier afectación sobre ellos podría alterar los flujos de energía.



Enlace primario: corresponde a los EVU que conectan a los nodos con las zonas de enlace y con la periferia urbana. Los enlaces primarios presentan valores de importancia alta con el método de rutas de menor costo de viaje (i.e., ≥ 7) y que no fueron clasificados como nodos o zonas de enlace.

Enlace secundario: corresponde a los EVU que componen corredores complementarios a los enlaces primarios, formando rutas alternativas que aportan a la conectividad del paisaje y aumentan la circuicidad de la red, otorgando resiliencia a la misma. Los enlaces secundarios presentan valores medios - altos de importancia según el método de circuitos eléctricos (i.e., ≥ 5) y que no fueron clasificados como nodos, zonas de enlace o enlaces primarios.

Escalón: hace referencia a los EVU que aportan a la conectividad a escala regional, permitiendo que el paisaje sea permeable al movimiento entre áreas de hábitat que pueden estar físicamente distantes, dependiendo de la capacidad de dispersión de los organismos. Son especialmente importantes donde hay baja disponibilidad de hábitats para la biodiversidad (Fisher & Lindenmayer, 2007; Martínez, Ávila, & Roselló, 2011). Los escalones presentan valores de importancia de conectividad alta en el índice de grado nodal (i.e., ≥ 6) y no fueron clasificados como nodos, zonas de enlace, enlaces primarios o enlaces secundarios.

Fragmento: son aquellos EVU que no corresponden a ninguna de las anteriores categorías, típicamente son áreas pequeñas y muy aisladas para formar enlaces funcionales importantes. Se encuentran principalmente donde hay baja disponibilidad de hábitats.

Medidas de manejo para los elementos de la red de conectividad en el Distrito de Medellín

Las acciones de manejo para la gestión ambiental de la Red Metropolitana de Conectividad Ecológica se definieron considerando el contexto espacial y la importancia relativa de cada EVU en la conectividad ecológica. Esto se realizó mediante la clasificación de los seis elementos de la red y el análisis de barreras. Para cada uno de estos elementos se establecieron tres medidas de gestión, teniendo en cuenta el tipo de elemento de la red y la categoría de EVU.

Según esto, se define como objetivo asegurar el mantenimiento de la conectividad y la integridad de los espacios verdes.

Medida No. 1

Proteger áreas ecológicamente prioritarias para la conectividad metropolitana: el mantenimiento de la conectividad es uno de los principios clave para conservar la biodiversidad y sus funciones, así como para la gestión del paisaje (Pulsford et al., 2015). Por lo tanto, los elementos de la red clasificados como nodos y zonas de enlace representan un alto grado de importancia en términos de conectividad funcional y deben recibir la mayor protección.

Las medidas para la gestión de estos elementos de la red deben implementarse de acuerdo con la normatividad vigente internacional, nacional y local, permitiendo garantizar su permanencia.



Además, se debe buscar su conservación en su estado natural o de recuperación, e implementar acciones que contribuyan a disminuir las amenazas a las cuales están expuestos.

Las acciones de manejo y gestión de los nodos deben regirse por el plan estratégico definido para cada una de las áreas protegidas, constituyéndose como el principal instrumento de planificación que orienta la gestión de conservación y establece las estrategias de administración y manejo participativo de las áreas que lo conforman.

El logro de los objetivos de conservación para las áreas que no cuenten actualmente con planes de manejo o estrategias vinculantes que garanticen su protección a largo plazo serán responsabilidad de los municipios o de las autoridades ambientales competentes, quienes deben hacer seguimiento y monitoreo según corresponda.

Los EVU asociados a las zonas de enlace representan los elementos más importantes para la conservación de la Red Metropolitana de Conectividad Ecológica, ya que además de tener un alto grado de importancia en términos de conectividad funcional a escala local y regional, son aquellos que presentan menor redundancia, es decir, estas zonas son irremplazables en términos de conectividad del paisaje. Por esta razón, la estrategia debe estar dirigida a la protección de estas áreas ecológicamente significativas.

Las zonas de enlace se pueden entender como potenciales nodos de conectividad que aún no presentan un esquema o figura legal de conservación; esto quiere decir que los EVU que componen las diferentes zonas de enlace son candidatos prioritarios para la definición de nuevas áreas protegidas u otros mecanismos posibles para la conservación de acuerdo con la normatividad vigente.

Se concluye que los EVU vinculados a los nodos y zonas de enlace deben ser protegidos para evitar o minimizar su degradación, así como su intervención debido a la ejecución de obras de infraestructura o cualquier actividad que cause pérdida de área o empobrecimiento vegetal.

Medida No. 2

Mejorar y fortalecer las condiciones ambientales de los enlaces: implementar acciones para mitigar los efectos de la disminución y pérdida de coberturas naturales, así como el debilitamiento de la conectividad ecológica por aumento de la frontera agrícola, urbana e industrial. Esto se logra a través del mejoramiento de la calidad de los EVU y el fortalecimiento de las condiciones ambientales de los enlaces primarios y secundarios.

En esta categoría se incluyen además todos los EVU asociados a retiros de quebradas, elementos naturales, artificiales o como zonas verdes internas que se encuentren clasificados como elementos de red en enlaces primarios, secundarios, escalones o fragmentos, debido a su importancia en la estructura ecológica metropolitana.



Los enlaces primarios que conectan funcionalmente a escala regional todas las áreas legalmente protegidas, y los enlaces secundarios que forman rutas alternativas que aportan a la conectividad del paisaje y aumentan la circuicidad de la red, se han convertido en importantes estructurantes de la infraestructura verde urbana en términos de conectividad ecológica; de esta forma se garantizan los flujos de energía entre áreas protegidas y otros elementos que conforman el paisaje.

Es así como los enlaces primarios y secundarios tienen potencial de ser mejorados a través del fortalecimiento de su cobertura dominante, el aumento y recuperación de su área y el mejoramiento o creación de EVU circundantes que se conecten con ellos.

Considerando lo anterior, se propone desarrollar actividades que mejoren la calidad del hábitat y el fortalecimiento de las condiciones ambientales de los enlaces primarios y secundarios, a través del enriquecimiento, mejoramiento de la estratificación vertical y plantación de árboles, palmas, arbustos e incluso áreas de jardín, de acuerdo a las características tipológicas de forma, tamaño y distancia de siembra recomendada, así como el suelo, las posibles restricciones y potencialidades de cada sitio.

Medida No. 3

Restablecer zonas que presentan alta resistencia y áreas sensibles: estas áreas se identifican como zonas donde se han perdido o degradado completamente las conexiones y su restablecimiento; se propone realizar en ellas la creación de nuevas zonas verdes y el establecimiento de enlaces secundarios adicionales. Corresponden a escalones y fragmentos que deben ser reforzados y ampliados con el fin de mejorar su aporte a la conectividad regional, al encontrarse en zonas de alta resistencia.

El análisis de barreras permitió identificar diversas zonas donde deben enfocarse estrategias para el restablecimiento de la conectividad, creación de nuevas zonas verdes y establecimiento de enlaces secundarios adicionales. Las áreas con mayor prioridad se ubican principalmente en zonas que presentan baja disponibilidad de hábitat, tales como el centro de Medellín (entre calles 28 y 55. Avenidas Regional y Oriental), el costado occidental del Club El Rodeo hasta la Autopista Sur, entre otras.

Con el fin de establecer zonas prioritarias para el restablecimiento de la conectividad ecológica como una de las estrategias de gestión, se realizó un análisis de detección de barreras, el cual se define como una zona débil o donde se han perdido o degradado completamente las conexiones impidiendo el flujo de energía. El restablecimiento de la conectividad se puede propiciar a través de la recuperación, mejoramiento y creación de los EVU que tienen el potencial de mejorar la conexión entre áreas ecológicamente importantes (McRae et al., 2012).

Los escalones y fragmentos servirán como punto de partida para el restablecimiento de conectividad funcional en zonas débiles o donde se han perdido o degradado completamente las



conexiones, teniendo potencial de ser mejorados a través de la recuperación y mejoramiento de los EVU circundantes y la creación de nuevos que se conecten con ellos.

Corredores ecológicos para la fauna

La Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, reconociendo la importancia de proteger los espacios verdes como hábitat esencial para la fauna de la ciudad, ha priorizado su manejo y conservación. Basándose en los resultados del estudio de Conectividad Ecológica Funcional avanza en la reglamentación del programa Corredores Ecológicos para la Fauna, el cual integra estrategias y especificaciones técnicas necesarias para enfocar y potenciar las acciones sobre los espacios verdes y la fauna, con el fin de mejorar la conectividad y sostenibilidad ecológica de la ciudad. Estas acciones son clave para el soporte, movilidad y dispersión de la fauna y la biodiversidad del Distrito de Medellín.

4.2. Arbolado Urbano

El diagnóstico del bosque urbano es un proceso fundamental para entender su composición y estado general. Este análisis incluye el cálculo de la abundancia de las especies y los índices de diversidad, la determinación del origen de las especies (nativas, endémicas, introducidas), así como el reporte de los árboles y palmas que requieren protección especial, las especies amenazadas que necesitan medidas de conservación y las especies invasoras que pueden representar riesgos para el equilibrio del ecosistema.

Conocer esta información es crucial para diseñar estrategias de manejo sostenible, preservar los servicios ecosistémicos y garantizar que el bosque urbano sea un recurso valioso para la ciudad y sus habitantes.

4.2.1. Análisis Estructural

El análisis estructural de un bosque urbano se refiere al estudio de la composición, distribución y condición del arbolado urbano para planificar y gestionar estos espacios de manera efectiva. A continuación, se describen los principales componentes de la estructura del bosque urbano del Distrito de Medellín, obtenidos con base en la información disponible en el Sistema de Árbol Urbano (SAU). Es importante anotar que esta información se actualiza permanentemente, según las intervenciones realizadas (plantación, poda, fertilización, tala, entre otras).

- **Número de árboles**

En la plataforma del SAU se tiene registrado un total de 346.961 individuos (árboles, arbustos y palmas) para Medellín, con corte al mes de abril de 2023. En la Tabla 4 se presenta el número



de árboles, el porcentaje con respecto al total de individuos y el número de árboles por hectárea existentes en cada comuna de la ciudad.

Tabla 4. Número de árboles por comuna.

Comuna	No. de árboles	Porcentaje (%)	No. de árboles/ha
1. Popular	3.881	1%	13
2. Santa Cruz	3.111	1%	14
3. Manrique	4.605	1%	9
4. Aranjuez	13.396	4%	27
5. Castilla	26.560	8%	44
6. Doce de Octubre	14.142	4%	37
7. Robledo	29.978	9%	25
8. Villa Hermosa	17.644	5%	31
9. Buenos Aires	21.862	6%	36
10. La Candelaria	33.166	10%	46
11. Laureles	32.417	9%	46
12. La América	17.133	5%	43
13. San Javier	13.000	4%	27
14. El Poblado	54.116	16%	38
15. Guayabal	21.760	6%	30
16. Belén	40.190	12%	45
Medellín	346.961	100%	34

La comuna 14 (El Poblado) cuenta con el mayor número de individuos con 54.116 árboles, lo que corresponde al 16 % del total de individuos de Medellín reportados en el SAU. Le siguen la comuna 16 (Belén) con 40.190 árboles (12 % del total) y la comuna 10 (La Candelaria) con 33.166 árboles (10 % del total). Por otro lado, las comunas con menor número de árboles son la comuna 2 (Santa Cruz) con 3.111, la comuna 1 (Popular) con 3.881 árboles y la comuna 3 (Manrique) con 4.605 árboles; cada una representa aproximadamente el 1% de los individuos con respecto al total (ver Figura 6).

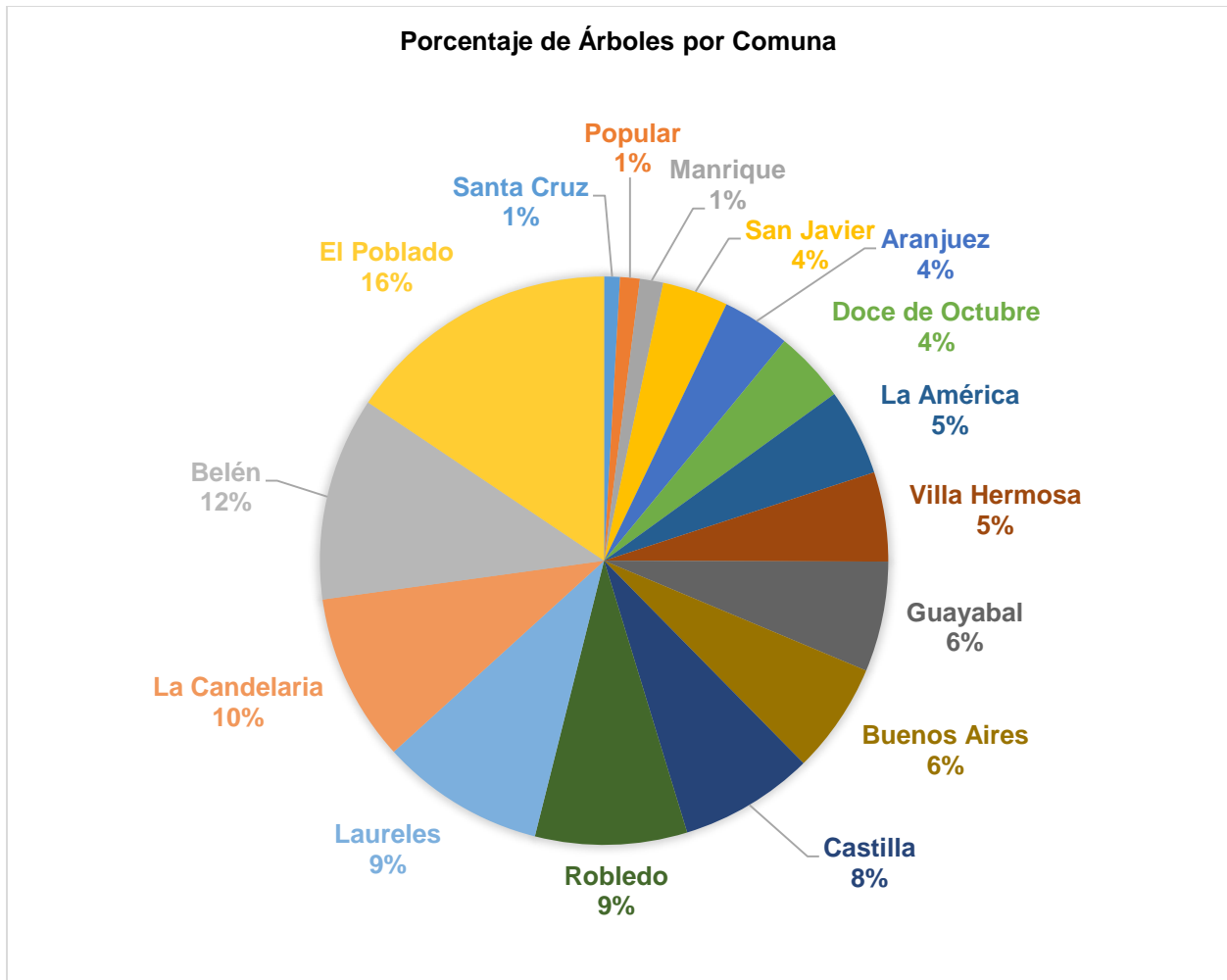


Figura 6. Porcentaje de árboles por comuna.

El número promedio de árboles por hectárea para Medellín es de 34. Las comunas 11 (Laureles) y 10 (La Candelaria) cuentan con el mayor número de individuos por hectárea con 46. Por su parte, la comuna 3 (Manrique) tiene el menor número por hectárea con 9 individuos por hectárea (Figura 7).

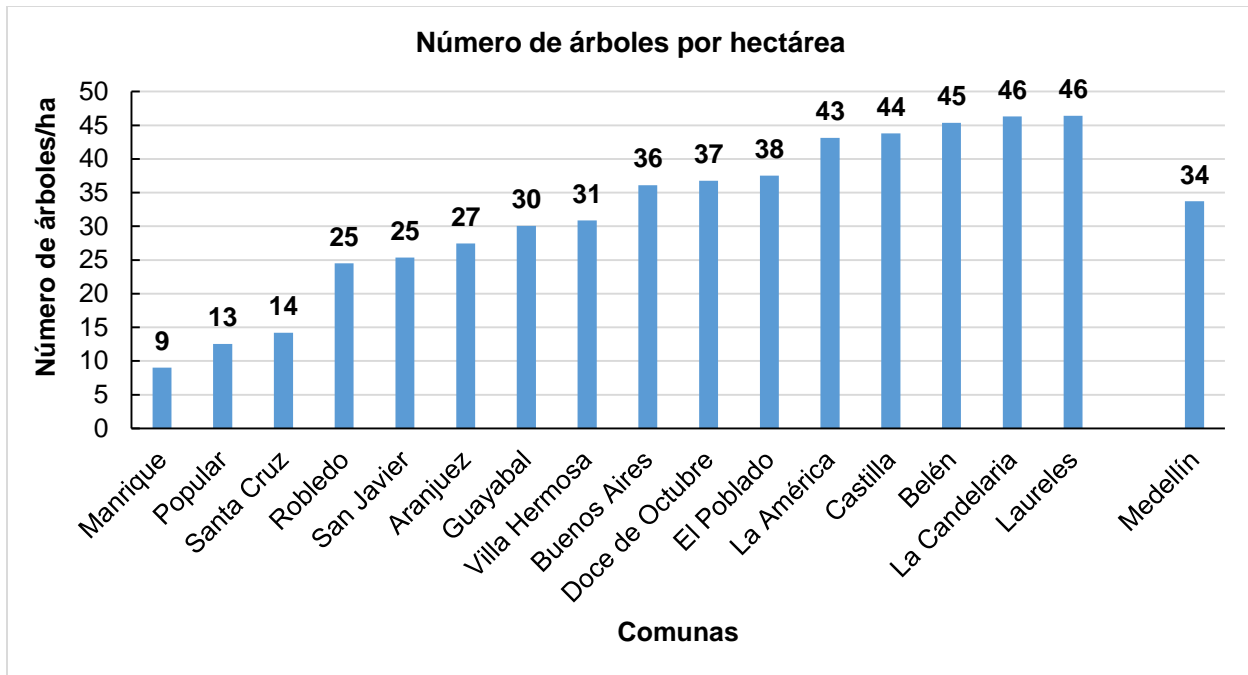


Figura 7. Número de árboles por hectárea.

Diversidad de especies

El número total de especies de árboles, arbustos y palmas de Medellín registrados en el SAU con fecha de corte de abril de 2023 es de 1.135. De este valor, se cuenta con el nombre científico (género y epíteto específico) de 935 especies que corresponden al 86 % del total. Para el 14 % restante, solo se cuenta con el nombre del género, de los cuales 129 son géneros repetidos y 31 son géneros nuevos.

La comuna 14 (El Poblado) cuenta con el mayor número de especies, correspondiente a 671, seguida por la comuna 10 (La Candelaria) con 668 especies. Cabe resaltar que en La Candelaria se encuentra el cerro de la Asomadera, un ecosistema estratégico de la ciudad con una alta diversidad de especies. La comuna 2 (Santa Cruz) cuenta con el menor número de especies, correspondiente a 297 (Tabla 5 y Figura 8).

La diversidad puede medirse utilizando distintas métricas, entre ellos el índice de riqueza y el índice de Shannon-Wiener, que depende del número de especies y el número de individuos por especie. Los valores encontrados para Medellín y cada una de sus comunas indican una diversidad alta, como se observa en la Tabla 5.



Tabla 5. Índices de diversidad del bosque urbano de Medellín.

Comuna	Riqueza de especies	Índice de Shannon
1. Popular	323	4,89
2. Santa Cruz	297	4,79
3. Manrique	356	4,82
4. Aranjuez	581	5,11
5. Castilla	563	4,86
6. Doce de Octubre	476	4,91
7. Robledo	630	5,21
8. Villa Hermosa	464	4,95
9. Buenos Aires	540	5,10
10. La Candelaria	668	5,16
11. Laureles	589	5,08
12. La América	481	4,91
13. San Javier	470	5,01
14. El Poblado	671	5,09
15. Guayabal	525	5,00
16. Belén	635	5,08
Medellín	1.135	5,26

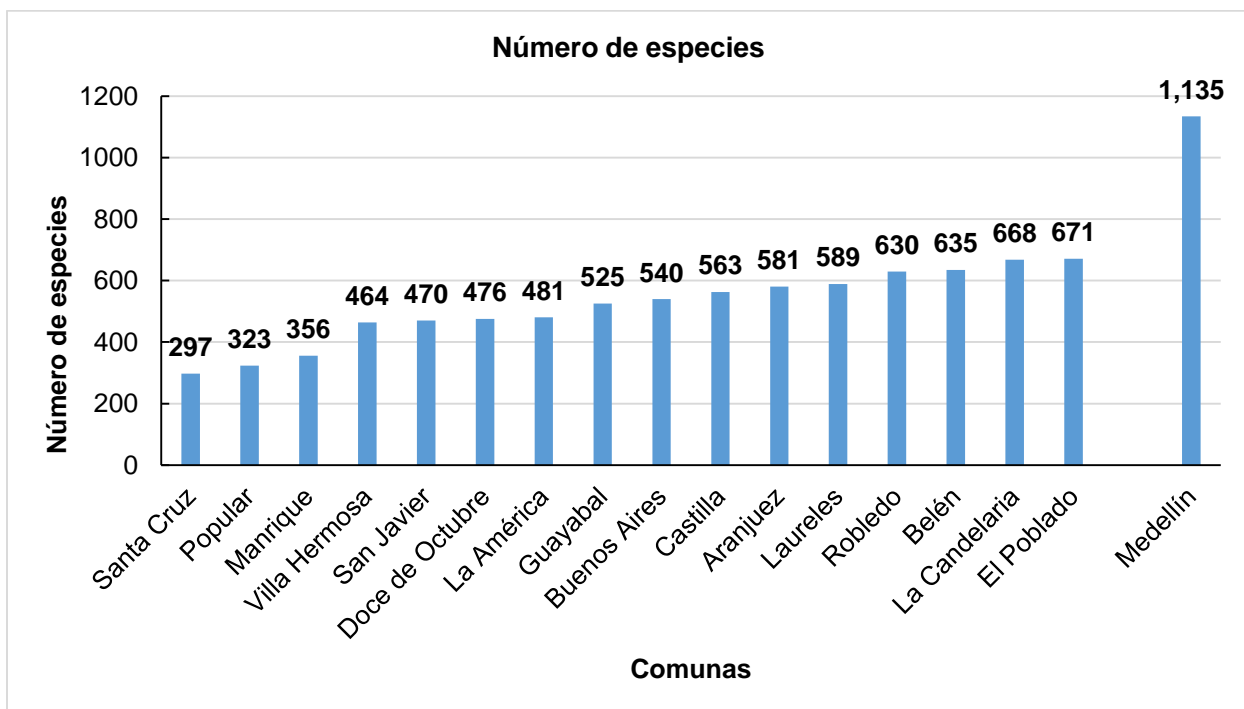


Figura 8. Número de especies por comuna de Medellín.



La regla de Santamour (Santamour, 1990), también conocida como la regla 10-20-30, es una directriz que se utiliza para promover la diversidad de especies de árboles urbanos. Según esta norma, en un bosque urbano no debe superarse el 10 % de árboles de una misma especie, el 20 % de un mismo género y el 30 % de árboles de una misma familia; esto con el objetivo de evitar que una sola plaga o enfermedad destruya gran parte de la cobertura arbórea en un área.

Para el caso de Medellín, la especie más común es el mango (*Mangifera indica*), el género principal es *Mangifera* con un 3 % y la familia con mayor porcentaje es Fabaceae con un 22 %. Esta información permite verificar el cumplimiento de esta regla.

Especies más comunes

Las 20 especies más abundantes encontradas en el Distrito de Medellín representan el 35 % de sus individuos. Tan solo siete de estas son nativas (Tabla 6).

Tabla 6. Especies de árboles más comunes de Medellín.

N°	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Origen
1	<i>Mangifera indica</i>	Mango	11.703	Introducida
2	<i>Fraxinus uhdei</i>	Urapán	9.774	Introducida
3	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacán amarillo	8.968	Nativa
4	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	8.204	Introducida
5	<i>Ficus benjamina</i>	Falso laurel	7.995	Introducida
6	<i>Tabebuia rosea</i>	Guayacán rosado	6.371	Nativa
7	<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	6.262	Introducida
8	<i>Cenostigma pluviosum</i>	Acacia amarilla	6.202	Introducida
9	<i>Bauhinia picta</i>	Casco de vaca	5.555	Nativa
10	<i>Dypsis lutescens</i>	Palma areca	5.432	Introducida
11	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	5.044	Introducida
12	<i>Pithecellobium dulce</i>	Chiminango	5.006	Nativa
13	<i>Libidibia punctata</i>	Ébano	4.605	Nativa
14	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	4.555	Introducida
15	<i>Syzygium malaccense</i>	Pero de agua	4.499	Introducida
16	<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.220	Introducida
17	<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero del Japón	4.126	Introducida
18	<i>Zygia longifolia</i>	Suribio	4.108	Nativa
19	<i>Persea americana</i>	Aguacate	4.061	Introducida
20	<i>Erythrina fusca</i>	Búcaro	3.631	Nativa



Origen de las especies

Con relación al origen de las especies, del total de 1.135 especies se encontró que 586 (52 %) son nativas, es decir, se encuentran de forma natural en Colombia y en otros países vecinos de los bosques neotropicales. El número de especies introducidas es de 389, lo que representa el 34 %. El valor restante de 160 (14 %) corresponde a los individuos que solo pudieron identificarse hasta el nivel de género, por lo tanto, se desconoce su origen.

Si se calcula el porcentaje de especies nativas e introducidas considerando únicamente las 935 especies identificadas con el nombre científico completo, se obtiene que el 60 % son nativas y el 40 % introducidas. De las especies nativas, 42 (4 %) son endémicas de Colombia, es decir, que su distribución natural es exclusivamente en nuestro país.

De acuerdo con la información reportada en el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos (AMVA, 2007), de las 366 especies encontradas en Medellín, solamente 113 (30,7 %) son nativas, mientras que 196 (53,3 %) son introducidas. El 16 % restante corresponde a especies con origen desconocido (ver Tabla 7).

Tabla 7. Comparación del origen de las especies de Medellín en 2006 y 2023.

Origen	PMEPVU (2007)		SAU (2023)	
	Abundancia absoluta	Abundancia relativa	Abundancia absoluta	Abundancia relativa
Nativa	113	31%	586	52%
Introducida	196	53%	389	34%
Desconocido	57	16%	160	14%
Total	366	100%	1.135	100%

Con respecto al número de árboles pertenecientes a especies nativas, el valor es de 155.202, que equivale al 45 % del total. Por su parte, el número de individuos de especies introducidas es de 176.770 (51 %) y de origen desconocido un total de 14.989 (4 %).

En la Tabla 8 se muestra la distribución de las especies nativas e introducidas por comuna.

Tabla 8. Porcentaje de especies nativas en cada comuna.

Comuna	Especies Nativas (%)
1. Popular	58
2. Santa Cruz	54
3. Manrique	53
4. Aranjuez	54



Comuna	Especies Nativas (%)
5. Castilla	60
6. Doce de Octubre	58
7. Robledo	55
8. Villa Hermosa	57
9. Buenos Aires	62
10. La Candelaria	55
11. Laureles	54
12. La América	61
13. San Javier	53
14. El Poblado	58
15. Guayabal	52
16. Belén	51
Medellín	60

En todas las comunas las especies nativas representan mínimo el 51 %. Las comunas con mayor porcentaje de especies nativas son Buenos Aires y La América con el 62 % y el 61 %, respectivamente.

Especies endémicas

Las especies endémicas se definen como aquellas cuyo origen se reporta en una región o zona específica, en este caso Colombia. Para Medellín se registra un total de 39 especies endémicas. La comuna 7 (Robledo) es la que cuenta con más especies de este tipo, con un total de 19 (Figura 9).

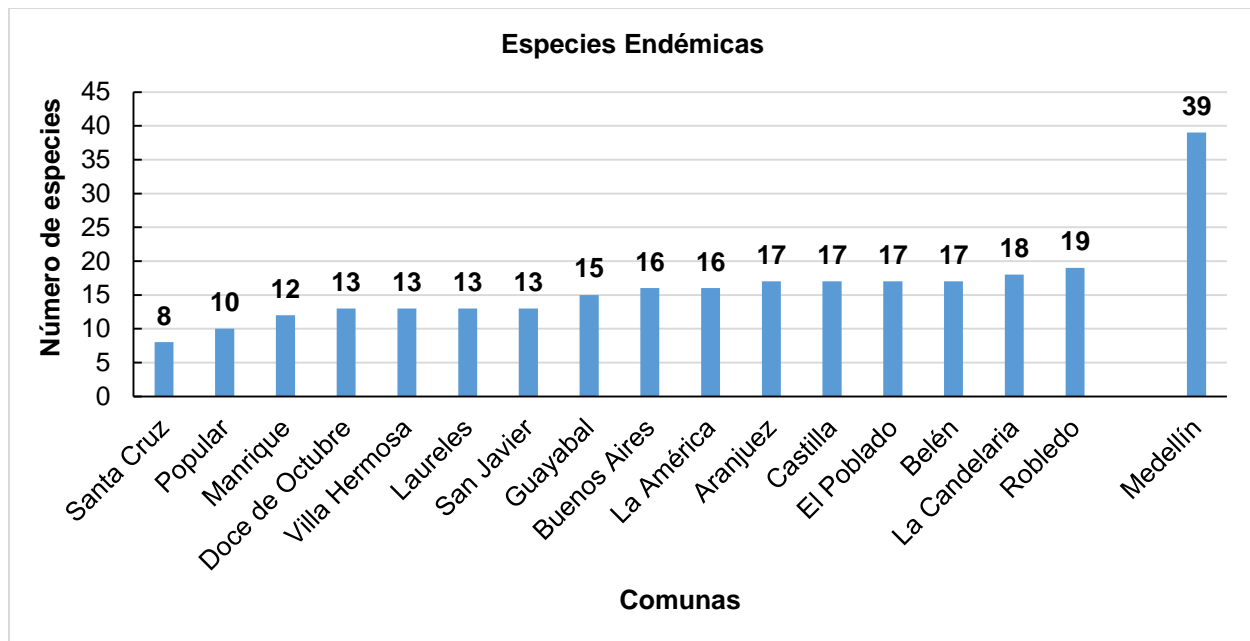


Figura 9. Especies endémicas por comuna y para Medellín.

4.2.2. Estado de Conservación de las Especies

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2024) expidió la Resolución 0126 de 2024 por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en alguna de las tres categorías de amenaza establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

- **En Peligro Crítico (CR):** aquellas que están enfrentando un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre.
- **En Peligro (EN):** aquellas que están enfrentando un riesgo de extinción muy alto en estado de vida silvestre.
- **Vulnerable (VU):** aquellas que están enfrentando un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.

Es importante identificar las especies amenazadas, para que el Distrito establezca medidas de conservación *ex situ*, es decir, fuera de su hábitat natural.

En Medellín existen 35 especies en alguna categoría de amenaza, lo que representa el 3,5 % del total de las especies. Las especies amenazadas no superan el 5 % de las especies de las comunas.



En la categoría En Peligro Crítico existen seis especies en Medellín, lo que corresponde al 0,5 % del total (Tabla 9). Así mismo, en ninguna de las comunas se supera el 1% de estas especies.

Tabla 9. Especies amenazadas en Medellín.

No.	Nombre científico	Nombre común	Categoría
1	<i>Aniba perutilis</i>	Comino	En Peligro Crítico
2	<i>Cariniana pyriformis</i>	Abarco	En Peligro Crítico
3	<i>Caryodaphnopsis cogolloi</i>	Yumbé	En Peligro Crítico
4	<i>Guaiacum officinale</i>	Guayacán azul	En Peligro Crítico
5	<i>Luetzelburgia jacana</i>	Jacana	En Peligro Crítico
6	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	En Peligro Crítico
7	<i>Astrocaryum malybo</i>	Palma malibú	En Peligro
8	<i>Bombax ceiba</i>	Ceiba tolúa	En Peligro
9	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	En Peligro
10	<i>Ceroxylon alpinum</i>	Palma de cera	En Peligro
11	<i>Ceroxylon quinduense</i>	Palma de cera	En Peligro
12	<i>Clathrotropis brunnea</i>	Sapán	En Peligro
13	<i>Coccothrinax argentata</i>	Palma de plata	En Peligro
14	<i>Elaeis oleifera</i>	Corocito	En Peligro
15	<i>Gustavia romeroi</i>	Mula muerta	En Peligro
16	<i>Gustavia speciosa</i>	Chupo	En Peligro
17	<i>Juglans neotropica</i>	Cedro negro	En Peligro
18	<i>Libidibia punctata</i>	Ébano	En Peligro
19	<i>Magnolia hernandezii</i>	Molinillo	En Peligro
20	<i>Magnolia jardinensis</i>	Gallinazo blanco	En Peligro
21	<i>Magnolia silvioi</i>	Alma negra	En Peligro
22	<i>Microdesmia arborea</i>	Cacahuananche	En Peligro
23	<i>Plectrocarpa arborea</i>	Guayacán carrapo	En Peligro
24	<i>Prioria copaifera</i>	Cativo	En Peligro
25	<i>Bactris gasipaes</i>	Chontaduro	Vulnerable
26	<i>Ceroxylon parvifrons</i>	Palma de ramo	Vulnerable
27	<i>Cryosophila kalbreyeri</i>	Palma abanico	Vulnerable
28	<i>Dipteryx oleifera</i>	Choibá	Vulnerable
29	<i>Gustavia dubia</i>	Mula muerta	Vulnerable
30	<i>Huberodendron patinoi</i>	Carrá	Vulnerable
31	<i>Isidodendron tripterocarpum</i>	Marfil	Vulnerable
32	<i>Lecythis tuyrana</i>	Olleto	Vulnerable
33	<i>Magnolia sambuensis</i>	Molinillo	Vulnerable



No.	Nombre científico	Nombre común	Categoría
34	<i>Peltogyne purpurea</i>	Nazareno	Vulnerable
35	<i>Podocarpus oleifolius</i>	Chaquiro	Vulnerable
36	<i>Quercus humboldtii</i>	Roble	Vulnerable
37	<i>Sloanea zuliaensis</i>	Tomatillo	Vulnerable
38	<i>Syagrus sancona</i>	Palma zancona	Vulnerable

Fuente: Elaboración propia con base en la información del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2024).

Especies invasoras

Las especies invasoras son aquellas especies introducidas que pueden tener un impacto negativo en la comunidad ecológica. Para Medellín se identificaron 10 especies, que representan el 1 % de la población de árboles del distrito (Tabla 10).

Tabla 10. Especies de árboles invasoras en Medellín.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	8.204
<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	6.262
<i>Psidium cattleianum</i>	Guayaba argelina	1.042
<i>Ardisia elliptica</i>	Ardisia zapato	917
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Corcho	848
<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambú	229
<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	158
<i>Elaeis guineensis</i>	Palma africana	140
<i>Acacia decurrens</i>	Acacia negra	62
<i>Pinus caribaea</i>	Pino	32

Fuente: Elaboración propia con base en la información de especies invasoras del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011).

Es importante mencionar, además, al ojo de poeta (*Thunbergia alata*), una planta trepadora herbácea que puede causar efectos negativos en las especies arbóreas y en otro tipo de vegetación.

4.2.3. Condición de Salud

El buen estado de salud de los árboles es esencial para garantizar la oferta de sus múltiples beneficios, además de prevenir los riesgos que estos individuos enfermos pueden representar para la población y la infraestructura.



De acuerdo con lo reportado en el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos del Valle de Aburrá (AMVA, 2007), en los árboles de Medellín se encontraron las siguientes afectaciones, representadas en porcentaje: 10,49 % con ramas quebradas, 10,42 % con heridas en el tallo o ramas, 2,71 % con el tronco inclinado, 1,65 % con descortezamiento, 1,33 % con las raíces descubiertas y 0,04 % con anillamiento del tronco. La plataforma SAU no cuenta con los datos de estos daños, por lo cual no se tiene la información requerida para conocer el estado actual del arbolado.

Para todos los municipios del Valle de Aburrá, con excepción de Envigado que no se incluyó en el PMEPU, se encontró que las especies con el mayor número de individuos con presencia de daños físicos y mecánicos fueron el falso laurel (*Ficus benjamina*), el urapán (*Fraxinus uhdei*), la acacia amarilla (*Cenostigma pluviosum*), el tulipán africano (*Spathodea campanulata*), el mango (*Mangifera indica*) y la palma areca (*Dyopsis lutescens*).

En el Distrito de Medellín, y en general en el Valle de Aburrá, desde el año 2008 los árboles de varias especies comenzaron a presentar síntomas de deterioro progresivo. Este fenómeno se manifiesta inicialmente con el secamiento de las yemas apicales de las ramas superiores, posteriormente se presenta el de las ramas intermedias y bajas, para finalmente terminar con el secamiento total (AMVA, Escuela de Ingeniería de Antioquia & Universidad Nacional, 2010).

Con el fin de analizar la incidencia y las causas del deterioro de los árboles, se realizó un muestreo de los individuos afectados de las 25 especies más perjudicadas en el Valle de Aburrá. Para Medellín se reportó una incidencia (porcentaje de árboles afectados) del 6,1 % (AMVA & Universidad Nacional, 2014).

Se encontró que a medida que aumenta el diámetro de los árboles y el número de afectaciones (daños mecánicos, ataque de plagas, hongos, espacio reducido, vandalismo, anillamiento y quemaduras) se incrementa la probabilidad de sufrir deterioro progresivo. Así mismo, los árboles plantados en zonas verdes amplias tienen menor probabilidad de sufrir deterioro que aquellos establecidos en piso duro (Restrepo et al., 2015).

Los factores asociados con el deterioro progresivo de los árboles en el Valle de Aburrá son de tipo abiótico, biótico y antrópico. Las condiciones climáticas adversas, la contaminación atmosférica, las precarias propiedades del suelo urbano y las intervenciones silviculturales inadecuadas aumentan la susceptibilidad del árbol al ataque de plagas y enfermedades que producen afectaciones severas y pueden ocasionar el secamiento de ramas e incluso la muerte.

- **Factores abióticos:** déficit hídrico, altas temperaturas, suelos compactados, deficiencia de nutrientes, contaminación atmosférica.
- **Factores bióticos:** insectos, ácaros, bacterias, hongos, nemátodos, fitoplasmas.
- **Antrópicos:** podas inadecuadas, anillamiento, quemaduras, daños mecánicos, trasplantes deficientes, sitios de plantación reducidos.



Como resultado de los análisis obtenidos en el proyecto desarrollado entre el AMVA y la Universidad Nacional (2014), se planteó la siguiente hipótesis para explicar el fenómeno del deterioro progresivo de los árboles urbanos en el Valle de Aburrá: existen condiciones de tipo abiótico y antrópico que generan un estrés fisiológico en el individuo, lo cual puede causar directamente el secamiento de las ramas terminales o aumentar su susceptibilidad a organismos patógenos como insectos y microorganismos. Estas situaciones están relacionadas con las características ambientales (clima, suelo y calidad del aire) y con las intervenciones antrópicas (prácticas inapropiadas de manejo y acciones vandálicas).

Con relación a las características climáticas, se resaltan los periodos de sequía severa con una mayor duración que los valores promedio, combinados además con altas temperaturas. Estas condiciones disminuyen la disponibilidad de agua en el suelo y producen estrés hídrico que puede ocasionar cavitación del xilema y embolismo en los árboles, lo que a su vez reduce el flujo de agua, altera el proceso de la fotosíntesis y reduce la producción de metabolitos secundarios requeridos para la defensa contra insectos y microorganismos. Estas condiciones pueden incrementar indirectamente el ciclo reproductivo de insectos y patógenos, los cuales aumentan su población y se convierten en plagas y enfermedades.

Por otra parte, los suelos en el ambiente urbano son generalmente compactados, impermeables y alcalinos, lo cual produce la inmovilización de nutrientes y la disminución en la disponibilidad hídrica. Como consecuencia, se pueden presentar deficiencias nutricionales y déficit hídrico, que influyen en el desarrollo de los procesos fisiológicos.

Así mismo, la contaminación atmosférica, principalmente por material particulado, ozono y lluvia ácida, puede causar cubrimiento de la superficie foliar y necrosis celular, lo que afecta el proceso de la fotosíntesis. Si bien se encontró que este factor no tiene una influencia directa en el deterioro del arbolado en el Valle de Aburrá, es posible que ejerza un efecto indirecto y sea un factor de estrés para los árboles.

Los factores estresantes de mayor influencia en el deterioro progresivo son, quizás, los factores antrópicos. Por un lado, los sitios de plantación son reducidos y se aplican prácticas de manejo no adecuadas (podas y trasplantes). Y, por otro lado, se presentan actos de vandalismos como heridas, quemaduras y anillamientos que causan de manera directa el deterioro del árbol.

Estos factores abióticos y antrópicos pueden afectar directamente al árbol produciendo su deterioro o su muerte; o actuar de manera indirecta, aumentando la susceptibilidad a ataques de plagas y enfermedades que causan el secamiento de ramas y yemas. Esta afectación se puede presentar de manera lenta y prolongada, o de forma súbita.

En el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos (AMVA, 2007) se encontró que, de 342.725 árboles inventariados en Medellín, un total de 5.288 árboles estaban muertos en pie, lo



que representa el 1,54 % de la población de árboles de Medellín. Para el total de árboles reportados para el Valle de Aburrá se obtuvo un valor de 1,66 %.

Según los registros del SAU para Medellín, entre el periodo 2006 y 2023, se talaron 5.581 árboles que estaban enfermos o muertos y representaban un riesgo, lo que corresponde al 4,8 % del total de árboles. Adicionalmente, se reportan 3.209 árboles que están muertos pero que no han sido talados, correspondiente al 1 % del total, y 9.135 árboles desaparecidos, que representan el 3% del total. Si se asume que los árboles desaparecidos son individuos que murieron, el número total de muertos en ese periodo es de 17.925 árboles, lo que corresponde al 5 % de la población de árboles.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, es importante que se realicen monitoreos periódicos para contar con la información del estado fitosanitario y de riesgo de los árboles y se tomen medidas para prevenir su deterioro y muerte. La clave para un bosque urbano saludable radica en un manejo adecuado durante todas las fases de desarrollo de los árboles, desde la producción en vivero, preparación adecuada del sitio y la selección de la especie adecuada para cada lugar, el establecimiento, y el manejo proactivo de los árboles tanto juveniles como adultos (Moreno & Hoyos, 2014).

La salud de los árboles urbanos es fundamental para garantizar los múltiples beneficios que brindan a la población urbana. Realizar monitoreos periódicos permite identificar de manera temprana problemas como el deterioro estructural y fisiológico, plagas y enfermedades, facilitando intervenciones oportunas y eficaces. Adicionalmente, es importante contar con un protocolo de manejo integrado de plagas y enfermedades y asegura la aplicación de estrategias sostenibles y científicamente validadas, que minimizan el uso de productos químicos y priorizan métodos preventivos y biológicos. Esto no solo protege el arbolado urbano, sino que también promueve ecosistemas urbanos más resilientes y saludables.

4.2.4. Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural de Medellín

El arbolado urbano ha acompañado durante varios años la historia de Medellín, siendo testigo silencioso del crecimiento de barrios y comunidades. El avance de la ciudad y los retos sociales y ambientales actuales despertaron la necesidad de generar mecanismos de protección especiales para los individuos arbóreos que cuentan con características específicas. Es la Secretaría de Medio Ambiente, de la mano de diferentes aliados, quien ha tenido la responsabilidad de dar los lineamientos generales para direccionar esta gestión.

El proyecto de investigación para el manejo, protección y preservación de Árboles y Palmas, Patrimonio Natural y Cultural nació como una iniciativa de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, con el propósito de proteger mediante documento jurídico los árboles, arbustos y palmas de interés cultural y público para la ciudad. El proyecto constó de cuatro componentes mediante la puesta en firme de un acto jurídico:



- **Componente técnico forestal:** identificación, valoración, establecimiento del plan de manejo y elaboración de fichas de cada individuo arbóreo que constituye el listado definitivo.
- **Componente histórico:** justificación de la valoración para cada individuo catalogado como histórico y simbólico, siendo un insumo para la elaboración de las fichas técnicas.
- **Componente social:** divulgación social del proyecto mediante socializaciones en las comunidades, foros y promoción en medios de comunicación.
- **Componente jurídico:** estudio técnico, jurídico y financiero para la elaboración del documento de manejo y protección de los Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural del Distrito.

El documento jurídico se establece en el Decreto 0598 de 2019, publicado en la Gaceta Oficial Nro. 4623 del 5 de julio de 2019, donde se define el conjunto de acciones destinadas a generar reconocimiento, apropiación, identidad y vínculos fraternales entre la comunidad y estos individuos.

Los Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural son aquellos ejemplares que se encuentran en el entorno urbano y que poseen un alto valor histórico, simbólico, ecológico y paisajístico; son la muestra de la riqueza natural, la biodiversidad y la historia de la ciudad. El propósito esencial es conservarlos para que estén presentes en la memoria colectiva de los ciudadanos.

Criterios de valoración

A la fecha han sido identificados 697 ejemplares arbóreos, los cuales son clasificados según criterios históricos, ecológicos, simbólicos, estéticos y paisajísticos, determinando su valoración, diagnóstico, manejo y protección.

Valor histórico: según el Artículo 6 del Decreto 763 de 2009, el árbol constituye un testimonio para la reconstrucción de la historia, así como para el conocimiento científico y técnico. Hace referencia a la significación cultural que los árboles y palmas poseen, creando lazos emocionales con la sociedad al estar relacionados a sucesos históricos.

Las variables asociadas que funcionan como guía para facilitar su análisis y valoración son las siguientes:

- Apropiación y sentido de pertenencia por parte de la comunidad (historia del árbol, relatos de barrios, sectores y grupos sociales).
- Relación del individuo con un hecho histórico.
- Ubicación en un lugar histórico.
- Presente en un Bien de Interés Cultural (BIC) o en su área de influencia.
- Permanencia en el tiempo. Según la edad estimada del individuo en rangos: 0-30 años, 30-60 años, y >60 años.



Valor ecológico: este criterio comprende todos los individuos, especies nativas y exóticas que se destacan por cumplir un papel fundamental en la conservación de la especie y en el mantenimiento de relaciones ecosistémicas específicas.

Las variables asociadas que funcionan como guía para facilitar el análisis y la valoración son las siguientes:

- Pertenece a un grupo pequeño de representantes de la especie en la ciudad.
- Hace parte de alguna Red de Conectividad Ecológica de Medellín, favoreciendo el mantenimiento de relaciones ecosistémicas.
- Se encuentra catalogada como amenazada.
- Posee una relevancia ecológica.

Valor estético y paisajístico: árbol o palma que se destaca por su presencia y relevancia estética en el entorno, aportando a la visión del paisaje.

Las variables asociadas que funcionan como guía para facilitar el análisis y la valoración son las siguientes:

- Posee una floración, fructificación o tonalidades de follaje vistosas (brillo, variedad, tonalidades de colores y apariencia ostentosa).
- Cuenta con una singularidad natural en su estructura o desarrollo.
- Individuos de porte arbóreo sobresaliente y notable por su tamaño, posee una altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) sobresalientes según su especie, proporcionando una nota distintiva en el paisaje.

Valor simbólico: este valor hace referencia a la vinculación del árbol o palma con procesos, prácticas, eventos o actividades significativas para la memoria o el desarrollo de la comunidad.

Es importante destacar que el listado de árboles puede cambiar de acuerdo con las variables que se generen con el tiempo, es decir, pueden incluirse nuevos individuos que cumplan con los requisitos y excluirse aquellos que eventualmente van desapareciendo con el paso de los años.

Acciones para su conservación

- Anualmente se desarrollan labores de manejo fitosanitario, podas, limpiezas, fertilización, demolición de piso duro, marcación para su identificación e instalación de soportes estructurales en los casos que se requiera. Sumado a lo anterior, se realizan tratamientos con equipos especializados como tomografías y endoterapias con inyecciones.
- Se adelantan estrategias comunicacionales y de divulgación social, con el fin de visibilizarlos y generar conciencia sobre su protección.
- Se promueve turísticamente su reconocimiento entre propios y foráneos.



Todas las fichas pueden ser consultadas en el portal de la Alcaldía a través del siguiente enlace:

<https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://0cd2c5781bb5315fbb1bc1f053d7660b>

Datos relevantes:

- Los primeros árboles plantados en la Avenida La Playa fueron ceibas (*Ceiba pentandra*) traídas de las riberas del río Cauca por don Gabriel Echeverri en 1857, aproximadamente.
- El árbol más antiguo de Medellín es la ceiba (*Ceiba pentandra*) ubicada sobre la Avenida La Playa con la Avenida Oriental. Fue plantada por el señor Gabriel Echeverri en 1857 aproximadamente.
- La ceiba (*Ceiba pentandra*) de la Plazuela de San Ignacio con Ayacucho, plantada en 1890 aproximadamente, fue usada como paredón de fusilamiento.
- El piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) de El Jordán ubicado en el barrio Robledo es histórico. Se reseña que en 1891 se fundó un establecimiento con el nombre de El Jordán. Este negocio comenzó a prestar el servicio de “parador”, dado que era el punto de descanso de viajeros y personas prestigiosas e importantes de la Villa de la Candelaria. En ese momento el árbol ya existía, al parecer plantado seis años antes, lo que indica que a la fecha cuenta con un poco más de 140 años.
- El carbonero (*Calliandra medellinensis*) ubicado en el Parque de Bolívar es un tesoro para la ciudad. La muestra botánica de esta especie fue recolectada por primera vez en el año 1927 en Medellín por Rafael Toro, fundador del herbario MEDEL de la Universidad Nacional. A este individuo se le llamó *medellinensis* haciendo referencia al sitio donde fue recolectada.

El proceso de documentación de los Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural del Distrito de Medellín se puede observar en la Figura 10.



Figura 10. Proceso de documentación de los Árboles y Palmas Patrimonio Natural y Cultural.

4.3. Jardines

Los jardines son un elemento esencial en las ciudades, ya que ofrecen numerosos beneficios ambientales y sociales: embellecen el entorno urbano, reducen la escorrentía superficial, mitigan el riesgo de inundaciones y proporcionan alimento a la fauna silvestre, incluyendo aves e insectos. Estos espacios verdes también se convierten en lugares seguros para el esparcimiento, la práctica de ejercicio y las actividades comunitarias. Estar rodeado de jardines contribuye a disminuir el estrés, mejorar el estado de ánimo y promover la salud mental. En conjunto, los jardines crean un entorno más armonioso y saludable, mejorando la calidad de vida de la población urbana.

La Secretaría de Medio Ambiente ha adquirido una valiosa experiencia en el conocimiento del comportamiento de las especies vegetales, así como de las plagas y enfermedades que las afectan. Sin embargo, no se cuenta actualmente con una guía técnica específica para el manejo de los jardines. Las principales prácticas silviculturales realizadas incluyen la plantación, la rocería y la fertilización, con un mantenimiento ideal programado tres veces al año. No obstante, las limitaciones en los recursos disponibles han impedido que estas actividades se realicen con la frecuencia necesaria. Es fundamental mantener el cronograma de mantenimiento al día y



recuperar los espacios destinados a zonas verdes y jardines que se han deteriorado o perdido. Además, el vandalismo representa un desafío constante, ya que algunas personas dañan las plantas, afectando el desarrollo y la conservación de estos espacios.

La Secretaría de Medio Ambiente se encarga de los jardines localizados en las zonas verdes asociadas a los cerros y las quebradas, al igual que de los muros verdes. La Secretaría de Infraestructura Física se encarga de las zonas verdes asociadas a los espacios de esparcimiento, como parques y plazas, y del subsistema de movilidad, tales como separadores y glorietas y algunos muros verdes.

También se cuenta con algunas huertas urbanas, como por ejemplo en las comunas 13 y 16, que tienen el propósito de mejorar la seguridad alimentaria y promover la construcción de tejido social a las familias y vecinos en actividades comunitarias.

En Medellín, se cuenta con varias publicaciones que describen las especies ornamentales más comunes en el Distrito publicadas por Herrera (2013) y el Jardín Botánico de Medellín (2023).

Las especies más comúnmente plantadas se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Especies de jardín más comunes en Medellín.

Nombre científico	Nombre común	Familia
<i>Allium</i> sp.	Cebollina	Amaryllidaceae
<i>Antigonon leptopus</i>	Enredadera bellísima	Polygonaceae
<i>Calathea</i> spp.	Calateas	Marantaceae
<i>Euryops chrysanthemoides</i>	Margarita amarilla	Asteraceae
<i>Iresine herbstii</i>	Caracola	Amaranthaceae
<i>Lantana camara</i>	Tango	Verbenaceae
<i>Liriope muscari</i>	Liriope, liriope variegado	Asparagaceae
<i>Nephrolepis exaltata</i>	Helecho boston	Nephrolepidaceae
<i>Philodendron</i> spp.	Filodendros	Araceae
<i>Phormium tenax</i>	Lino gigante	Asphodelaceae
<i>Phyla nodiflora</i>	Verbena	Verbenaceae
<i>Thunbergia alba</i>	Tumbergia blanca	Acanthaceae
<i>Thunbergia grandiflora</i>	Tumbergia azul	Acanthaceae



5. BENEFICIOS DEL BOSQUE URBANO

El bosque urbano ofrece múltiples servicios ecosistémicos que son fundamentales para proporcionar un entorno habitable para el ser humano y otras formas de vida, reducir los impactos ambientales negativos y mejorar la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático.

Los bosques urbanos regulan la temperatura, remueven contaminantes del aire y mejoran la estética de las ciudades, entre otros beneficios. Estas funciones aportan significativamente al bienestar de los habitantes y al equilibrio ecológico de las áreas urbanas, contribuyendo al bienestar físico y mental de las personas al proporcionar espacios verdes para la recreación, relajación y conexión con la naturaleza.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) ha reconocido estos beneficios, los cuales cuentan con una amplia evidencia científica (Dobbs et al., 2017; Nowak et al., 2018; Wolf et al., 2020). A continuación, se presenta un resumen de estos servicios ecosistémicos, reportados en las referencias anteriores.

Beneficios sociales:

- Contribución a la salud física y mental de la población
- Provisión de alimentos, medicinas, aceites y madera
- Creación de puestos de trabajo
- Diversificación de la economía local
- Ciudades más atractivas y verdes
- Mayor valor de la propiedad
- Mejoramiento de las oportunidades de ocio y turismo
- Oferta de zonas para la recreación y la inspiración
- Promoción de la educación

Beneficios ambientales:

- Mejoramiento de la calidad del aire
- Regulación climática y micro climática
- Regulación hídrica
- Mitigación de las inundaciones
- Protección del suelo contra la erosión
- Producción de oxígeno
- Fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas
- Almacenamiento y captura del carbono



- Mitigación del fenómeno de islas de calor urbano
- Prevención de catástrofes como tormentas, incendios forestales y deslizamientos de tierra
- Oferta de hábitat y alimento para la fauna silvestre

5.1. Beneficios Sociales

El bosque urbano influye de manera positiva en la calidad de vida de la población, al proporcionar espacios que fomentan la salud física y mental, la cohesión social, la educación, la recreación y el bienestar general de los ciudadanos. Estas áreas verdes son esenciales para crear comunidades más saludables, resilientes e inclusivas.

Entre los beneficios sociales pueden resaltarse los siguientes:

Mejoramiento de la salud física:

- **Mejora de la salud pública:** los bosques urbanos contribuyen a reducir las tasas de enfermedades respiratorias como el asma, la bronquitis y otras afecciones pulmonares. También disminuyen los costos de atención médica relacionados con enfermedades causadas por la exposición a contaminantes.
- **Promoción de la actividad física:** el bosque urbano proporciona espacios accesibles y agradables para que las personas realicen actividades físicas como caminar, correr, montar en bicicleta o practicar deportes al aire libre. La presencia de árboles y áreas verdes motiva a los residentes a ser más activos, previniendo el sedentarismo, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares.
- **Reducción del estrés térmico:** la sombra que proporcionan los árboles disminuye los efectos del calor extremo, haciendo más cómodo el ejercicio al aire libre durante los días calurosos.

Beneficios para la salud mental:

- **Reducción del estrés y la ansiedad:** estar en contacto con la naturaleza tiene efectos comprobados en la reducción del estrés, la ansiedad y la depresión. La presencia de árboles, áreas verdes y sonidos naturales, como el canto de las aves o el viento entre las hojas, genera un efecto calmante y mejora el bienestar emocional.
- **Mejora del estado de ánimo y la concentración:** estudios han demostrado que pasar tiempo en áreas con vegetación puede mejorar el estado de ánimo, aumentar los niveles de energía e incrementar la capacidad de concentración y atención, siendo



particularmente beneficioso en entornos urbanos donde el ritmo de vida suele ser más acelerado y estresante.

Fomento de la cohesión social:

- **Espacios de encuentro comunitario:** el bosque urbano y los espacios verdes urbanos actúan como puntos de encuentro donde las personas suelen reunirse para actividades recreativas, deportivas y culturales. Estos lugares ayudan a fortalecer los lazos sociales, creando una mayor interacción entre vecinos y fomentando un sentido de comunidad.
- **Inclusión social:** los bosques urbanos son espacios abiertos y accesibles para personas de todas las edades, niveles socioeconómicos y antecedentes culturales. Esto los convierte en lugares inclusivos donde las personas pueden interactuar y compartir experiencias memorables.

Promoción de la educación ambiental:

- **Conciencia sobre la biodiversidad:** estos espacios permiten a los residentes urbanos, especialmente a los niños, aprender sobre el cuidado de la naturaleza y la biodiversidad. Las visitas a parques urbanos o reservas forestales incentivan la observación directa de la fauna y flora local, fomentando la conciencia por el medio ambiente.
- **Proyectos educativos:** las escuelas y organizaciones comunitarias a menudo utilizan los bosques urbanos para realizar actividades educativas como excursiones, talleres de conservación de la naturaleza o programas de voluntariado para la plantación de árboles.

Espacios recreativos y de esparcimiento:

- **Recreación al aire libre:** los bosques urbanos ofrecen una variedad de actividades recreativas como caminatas, picnics, observación de aves, paseos en bicicleta, entre otros. Estos espacios son esenciales, ya que ofrecen a los habitantes de las ciudades la oportunidad de disfrutar del aire libre, situaciones poco frecuentes en entornos urbanos densamente construidos.
- **Fomento de la creatividad:** el entorno natural estimula la creatividad y el juego libre, especialmente en los niños, que pueden explorar e interactuar con la naturaleza de manera espontánea.

Mejora de la calidad de vida urbana:

- **Estética urbana:** el bosque urbano y los árboles asociados a las vías mejoran significativamente el paisaje urbano, permitiendo que las ciudades sean más atractivas



visualmente. Un entorno estéticamente agradable influye positivamente en la calidad de vida y contribuye a un mayor disfrute del entorno.

- **Aumento del valor de las propiedades:** se considera que la presencia de árboles y áreas verdes está directamente relacionada con el aumento en el valor de las propiedades, debido a que las personas tienden a preferir viviendas en entornos con más naturaleza.

Reducción de la delincuencia:

- **Efecto en la seguridad:** la investigación ha mostrado una correlación entre áreas verdes bien mantenidas y una reducción en las tasas de delincuencia. Se cree que los espacios verdes atractivos promueven una mayor interacción social y un sentido de responsabilidad comunitaria y de vigilancia.
- **Mejoramiento del bienestar social:** la presencia de bosques urbanos y parques reduce la sensación de alienación y marginalización, lo que puede influir en la disminución de comportamientos antisociales.

Mitigación de la desigualdad social:

- **Acceso equitativo a la naturaleza:** el bosque urbano puede ser un igualador social, ya que proporciona acceso gratuito a diversas áreas verdes, independiente del nivel socioeconómico de las personas, siendo especialmente importante en áreas urbanas densamente pobladas donde puede haber pocas oportunidades de acceso a la naturaleza.

Impacto cultural y espiritual:

- **Significado cultural:** en muchas culturas, los árboles y los espacios verdes tienen un significado simbólico o espiritual. Los bosques urbanos pueden servir como lugares de reflexión, meditación y conexión espiritual con la naturaleza, lo que es valioso para el bienestar emocional y mental.
- **Patrimonio cultural:** algunos bosques urbanos contienen árboles y paisajes que forman parte del patrimonio cultural de una ciudad, siendo espacios valorados por su historia y significado.

Beneficios económicos indirectos:

- **Reducción de gastos médicos:** los beneficios físicos y mentales que proporcionan los bosques urbanos pueden reducir los costos asociados a la atención médica. Una población más sana demanda menos servicios de salud.



- **Turismo y recreación:** los parques y bosques urbanos bien conservados pueden atraer turismo local y extranjero, generando ingresos para la ciudad y apoyando a negocios locales.

5.2. Beneficios Ambientales

Mitigación al cambio climático: los árboles urbanos absorben dióxido de carbono (CO₂) durante la fotosíntesis y almacenan carbono en su biomasa (troncos, ramas, hojas y raíces). Este proceso reduce la cantidad de CO₂ en la atmósfera, uno de los principales gases de efecto invernadero causante del cambio climático.

Regulación del microclima: los árboles proporcionan sombra y enfrían el aire mediante la transpiración, reduciendo el efecto de "isla de calor" en las ciudades donde las temperaturas suelen ser más altas debido a la concentración de superficies impermeables como edificios y calles (Orlandini et al., 2017). Al reducir la temperatura, se disminuye el consumo energético y las emisiones asociadas, por ejemplo, del uso de aire acondicionado. Así mismo, al tener menores temperaturas locales, los árboles producen menos ozono troposférico, un contaminante del aire que afecta la salud de las personas.

Regulación del ciclo hidrológico y calidad del agua: los árboles urbanos reducen la velocidad de la lluvia y la escorrentía superficial, lo que disminuye el riesgo de inundaciones y erosión del suelo. Así mismo, al mejorar la infiltración de agua en la superficie, los bosques urbanos contribuyen a la recarga de las aguas subterráneas. Por otra parte, las raíces de los árboles ayudan a filtrar y retener contaminantes antes de que lleguen a cuerpos de agua o alcantarillados.

Reducción del ruido: las zonas con vegetación pueden reducir la contaminación acústica, ya que las copas de los árboles absorben y dispersan el sonido. De esta manera, contribuyen a reducir el estrés y mejorar la salud general.

Mejoramiento del suelo: los árboles urbanos estabilizan el suelo con sus raíces, previniendo la erosión y mejorando su estructura. También contribuyen a la acumulación de materia orgánica, aportando a su fertilidad.

Conservación de la biodiversidad: el bosque urbano proporciona hábitat para una variedad de especies de aves, insectos, pequeños mamíferos y plantas, lo que contribuye a mantener la biodiversidad en entornos urbanos. Además, fomenta corredores verdes que permiten el movimiento de especies y la conectividad ecológica dentro de las ciudades.

Protección de la biodiversidad: el bosque urbano es vital para proteger y promover la biodiversidad. Actúa como hábitat esencial para muchas especies, conecta ecosistemas fragmentados, ayuda a preservar especies amenazadas y proporciona refugios importantes



dentro de entornos urbanos donde prima la actividad humana. Es un componente clave para el equilibrio ecológico y la sostenibilidad a largo plazo en la ciudad.

Los beneficios más importantes que ofrece el bosque urbano para la biodiversidad son:

- **Hábitat para especies de flora y fauna:** el bosque urbano crea espacios donde diferentes especies de plantas, aves, mamíferos, insectos y otros organismos pueden vivir, reproducirse y alimentarse.
- **Especies migratorias:** el bosque urbano proporciona hábitat temporal para especies migratorias como aves e insectos que se detienen en la ciudad durante sus rutas migratorias. Estas áreas proporcionan alimento y descanso, aspectos cruciales para su supervivencia. Algunas de las especies migratorias que pasan por Medellín son aves que rondan los jardines y los bordes de las quebradas, como es el caso de las reinitas (del género *Setophaga*), las pirangas (de las especies *Piranga rubra*, *Piranga flava* y *Piranga olivacea*), los cucos americanos (*Coccyzus americanus*) y algunos atrapamoscas de los géneros *Empidonax* y *Contopus* (AMVA, 2020). Es importante mencionar también a las mariposas *Urania fulgens*, las cuales visitan el suribio (*Zygia longifolia*) que les sirve de árbol hospedero.
- **Corredores biológicos:** el bosque urbano puede conectar áreas fragmentadas y crear corredores verdes que permitan el movimiento seguro de especies a través de áreas urbanizadas. Esta conectividad es esencial para conservar la diversidad genética de las especies y permitir la migración natural de la fauna entre diferentes hábitats. Sin estos corredores verdes, las especies podrían quedar aisladas en pequeños espacios, lo que reduciría su capacidad de sobrevivir y reproducirse adecuadamente, incrementando el riesgo de extinción local.
- **Conservación de especies en peligro:** el bosque urbano puede ser refugios importantes para las especies amenazadas debido a la pérdida de hábitat en otras áreas. Estas zonas protegidas dentro de las ciudades pueden proporcionarles las condiciones necesarias para su supervivencia. Algunas de las especies de árboles existentes en Medellín en la categoría de Peligro Crítico son: guayacán azul (*Guaiacum officinale*), abarco (*Cariniana pyriformis*), caoba (*Swietenia macrophylla*), comino (*Aniba perutilis*) y yumbé (*Caryodaphnopsis cogolloi*).
- **Hábitat para polinizadores:** el bosque urbano brinda recursos a insectos polinizadores como abejas, mariposas, entre otros, los cuales son fundamentales para la reproducción de muchas plantas. Entre mayor sea la presencia de diversidad en estos espacios, mejor será el acceso a recursos para estas especies.



- **Control biológico de plagas:** el bosque urbano proporciona hábitat para depredadores naturales de plagas, como aves y ciertos insectos, que ayudan a controlar las poblaciones de especies que pueden afectar negativamente a la salud humana, por ejemplo, los mosquitos.

5.3. Estimación de Beneficios del Bosque Urbano en Medellín

Con el fin de calcular el almacenamiento y captura de carbono, la remoción de contaminantes del aire y el escurrimiento superficial evitado por parte del bosque urbano de Medellín, se utilizó el software i-Tree Eco desarrollado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos y otras entidades aliadas. Las variables de los árboles utilizadas en el modelo fueron: la especie, el diámetro a la altura del pecho, la altura total y las coordenadas geográficas, las cuales se consultaron en el Sistema de Árbol Urbano (SAU). Los resultados de los beneficios estimados se ilustran en la Figura 11.

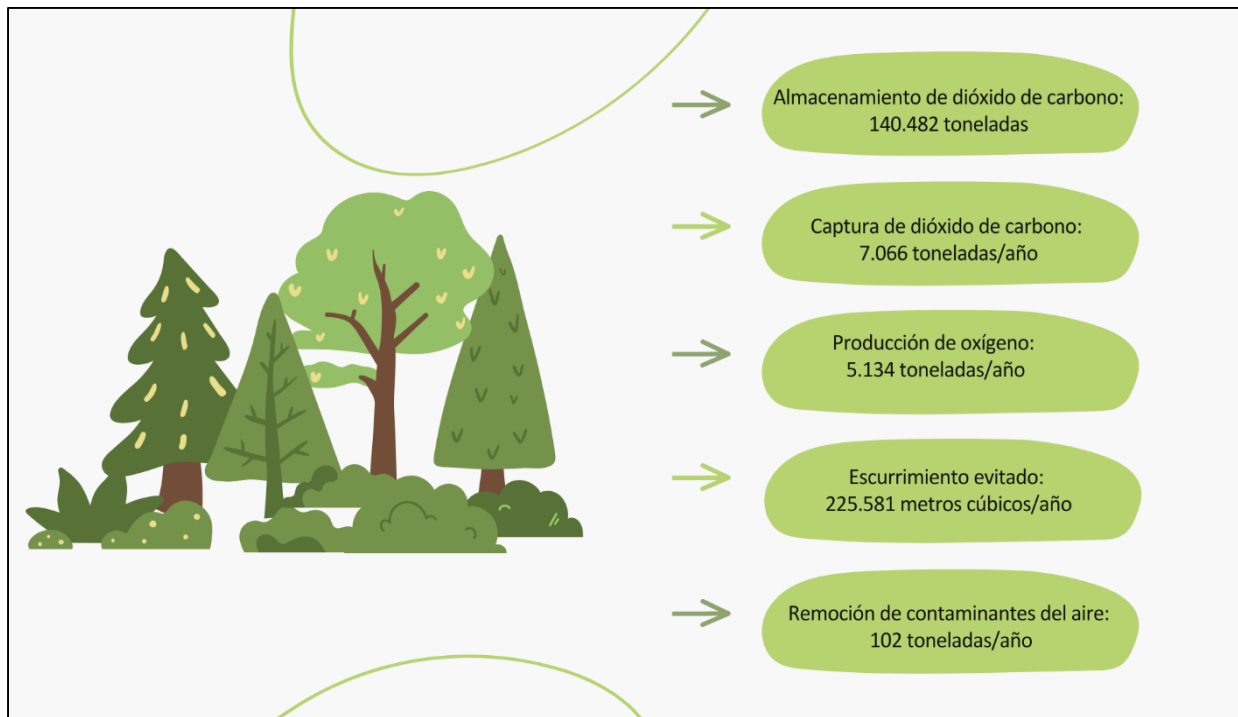


Figura 11. Resumen de los beneficios del arbolado urbano en Medellín.



5.3.1. Almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO₂)

Los árboles urbanos ayudan a mitigar el cambio climático al absorber el dióxido de carbono atmosférico y almacenarlo en sus tejidos como carbono en su biomasa vegetal. El almacenamiento de dióxido de carbono por parte de los árboles en Medellín es de 140.482 toneladas, el promedio de almacenamiento por hectárea de cobertura boscosa es de 192 toneladas y el promedio por árbol es de 427 kg.

En la Tabla 12 se presentan los resultados de cada comuna de Medellín y en la Figura 12 se ilustra el almacenamiento de dióxido de carbono por hectárea.

Tabla 12. Almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) en cada comuna.

Comuna	Almacenamiento de CO ₂ (ton)	Almacenamiento de CO ₂ (ton/ha)	Almacenamiento de CO ₂ (ton/ha de cobertura arbórea)	Almacenamiento de CO ₂ (kg/árbol)
1. Popular	754	2,4	174	235
2. Santa Cruz	875	4,0	174	338
3. Manrique	2.161	4,2	223	532
4. Aranjuez	5.912	12,1	199	497
5. Castilla	11.605	19,1	206	488
6. Doce de Octubre	4.646	12,1	189	358
7. Robledo	7.289	6,0	170	264
8. Villa Hermosa	3.240	5,7	189	196
9. Buenos Aires	5.057	8,4	174	260
10. La Candelaria	12.162	17,0	193	454
11. Laureles	20.596	29,5	256	701
12. La América	10.606	26,7	241	663
13. San Javier	371	0,8	18	316
14. El Poblado	25.459	17,7	235	524
15. Guayabal	10.658	14,7	213	497
16. Belén	19.091	21,5	213	513
Total Medellín	140.482	-	-	-
Promedio Medellín	-	12,6	192	427

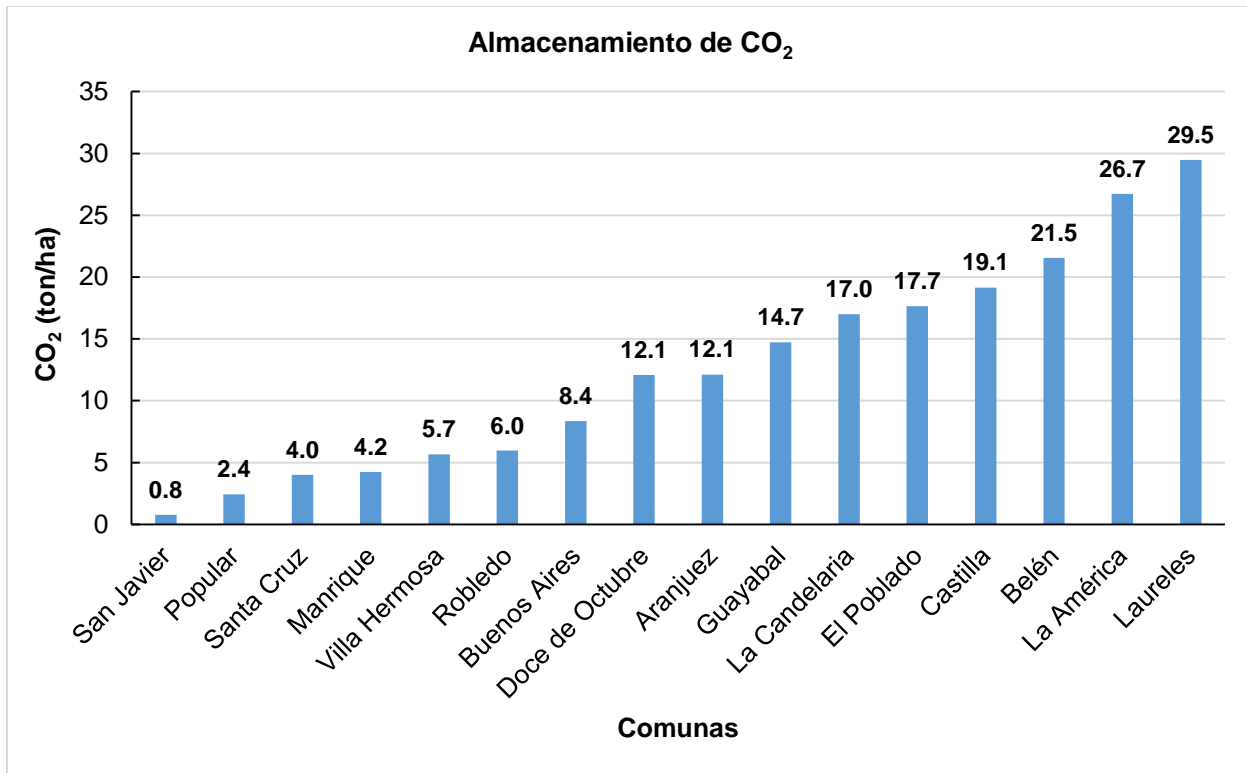


Figura 12. Almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) por parte del bosque urbano.

5.3.2. Captura de Dióxido de Carbono (CO₂)

Los árboles, mediante la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y lo almacenan en forma de carbohidratos en su biomasa (troncos, ramas, raíces). Este proceso es fundamental para combatir el cambio climático, ya que este compuesto es uno de los principales gases de efecto invernadero. Los árboles mantienen el CO₂ fuera de la atmósfera por largos períodos, lo que ayuda a reducir la concentración de este gas.

La captura total de dióxido de carbono por los árboles en Medellín es de 7.066 toneladas al año. El promedio de captura por hectárea de cobertura boscosa para la ciudad es de 10,25 ton/año y el promedio por árbol es de 21,34 kg/año (ver la Tabla 13 y Figura 13).



Tabla 13. Captura de dióxido de carbono (CO₂) por comuna.

Comuna	Captura de CO ₂ (ton/año)	Captura de CO ₂ (kg/año*ha)	Captura de CO ₂ (ton/año*ha de cobertura arbórea)	Captura de CO ₂ (kg/año*árbol)
1. Popular	42,50	137	9,79	13,26
2. Santa Cruz	47,45	217	9,42	18,31
3. Manrique	98,10	192	10,12	24,17
4. Aranjuez	297,45	610	9,99	25,01
5. Castilla	607,39	1.002	10,78	25,52
6. Doce de Octubre	246,40	640	10,00	18,98
7. Robledo	420,95	344	9,83	15,28
8. Villa Hermosa	163,65	286	9,54	10,09
9. Buenos Aires	302,04	499	10,40	15,55
10. La Candelaria	651,06	909	10,33	24,30
11. Laureles	830,15	1.188	10,33	28,26
12. La América	468,29	1.180	10,63	29,27
13. San Javier	212,68	439	10,44	18,15
14. El Poblado	1.139,17	790	10,53	23,46
15. Guayabal	528,11	729	10,57	24,60
16. Belén	1.010,72	1.141	11,29	27,17
Total Medellín	7.066,11	-	-	-
Promedio Medellín	-	644	10,25	21,34

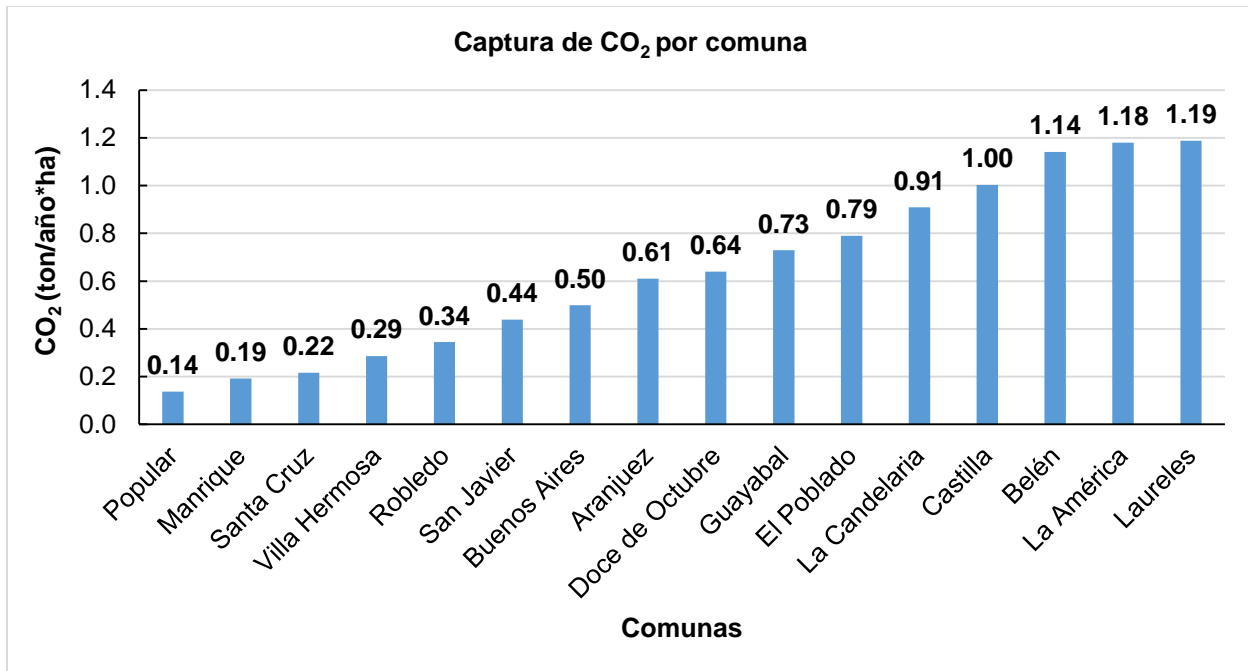


Figura 13. Captura de dióxido de carbono (CO₂) por parte del bosque urbano.

5.3.3. Remoción de Contaminantes del Aire

La contaminación del aire es un problema común en Medellín y el Valle de Aburrá que afecta la salud de la población, altera los procesos de los ecosistemas y deteriora la infraestructura urbana.

El mejoramiento de la calidad del aire es uno de los beneficios más significativos que ofrece el bosque urbano. Algunos de los contaminantes del aire que pueden absorber y filtrar los árboles y la vegetación son:

- **Monóxido de carbono (CO):** producido principalmente por motores de combustión interna; los árboles ayudan a reducir su concentración en áreas densamente pobladas.
- **Ozono troposférico (O₃):** contaminante que afecta la salud respiratoria. Las superficies de las hojas de los árboles capturan parte del ozono y reducen su concentración en la atmósfera.



- **Dióxido de nitrógeno (NO₂):** se generan principalmente por vehículos y procesos industriales. Los árboles capturan estos gases, contribuyendo a una menor concentración en el aire.
- **Dióxido de azufre (SO₂):** un contaminante asociado con la quema de combustibles fósiles, que causa problemas respiratorios. Los árboles absorben una parte de este gas a través de sus hojas y contribuyen a reducir su concentración.
- **Filtración de partículas en suspensión:** las partículas en suspensión como el polvo, el hollín y otras partículas finas (PM₁₀ y PM_{2.5}), son responsables de una amplia gama de problemas de salud, incluidas las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Los árboles actúan como filtros naturales, atrapando estas partículas en sus hojas, ramas y troncos, evitando que sigan circulando en el aire. El PM₁₀ corresponde a partículas con un diámetro menor a 10 micrómetros y el PM_{2.5} corresponde a partículas con un diámetro inferior a 2,5 micrómetros, siendo las más peligrosas para la salud humana ya que pueden penetrar profundamente en los pulmones.

De acuerdo con los resultados estimados con i-Tree, el total de contaminantes removidos por los árboles urbanos es de 102.503 kg/año (102,5 toneladas/año). En la Tabla 14 se presentan los resultados para cada comuna.

Tabla 14. Remoción de contaminantes por parte del bosque urbano de Medellín.

Comuna	CO (kg/año)	Ozono (kg/año)	Dióxido de nitrógeno (kg/año)	Dióxido de azufre (kg/año)	PM _{2.5} (kg/año)	Remoción total de contaminantes (kg/año)
1. Popular	30	168	144	98	50	643
2. Santa Cruz	35	195	168	114	59	749
3. Manrique	65	379	338	219	127	1.498
4. Aranjuez	210	1.170	1.009	683	354	4.492
5. Castilla	399	2.255	1.960	1.312	697	8.709
6. Doce de Octubre	174	996	872	579	315	3.870
7. Robledo	296	1.629	1.391	953	481	6.211
8. Villa Hermosa	120	658	562	385	194	2.500
9. Buenos Aires	204	1.128	967	660	337	4.314
10. La Candelaria	444	2.408	2.038	1.414	693	9.123
11. Laureles	568	3.181	2.747	1.855	969	12.230
12. La América	310	1.772	1.549	1.029	557	6.874
13. San Javier	142	802	694	467	246	3.089



Comuna	CO (kg/año)	Ozono (kg/año)	Dióxido de nitrógeno (kg/año)	Dióxido de azufre (kg/año)	PM _{2.5} (kg/año)	Remoción total de contaminantes (kg/año)
14. El Poblado	764	4.309	3.738	2.509	1.325	16.618
15. Guayabal	351	1.979	1.717	1.152	608	7.632
16. Belén	630	3.587	3.129	2.084	1.122	13.951
Medellín	4.741	26.617	23.023	15.513	8.136	102.503

5.3.4. Regulación Hídrica

Los árboles urbanos actúan como amortiguadores naturales que ayudan a controlar el flujo del agua, promueven la recarga de acuíferos y mejoran la calidad hídrica, aspectos cruciales para la sostenibilidad de las ciudades.

Las copas de los árboles interceptan parte del agua lluvia, reduciendo la cantidad que llega directamente al suelo y al sistema de drenaje urbano, disminuyendo el riesgo de inundaciones. Al frenar la velocidad de las lluvias, los árboles permiten que el agua se infiltre más fácilmente en el suelo, promoviendo la recarga de acuíferos y reduciendo la escorrentía superficial (Berland, 2017), una de las causas de inundaciones urbanas, erosión y contaminación de los cuerpos de agua.

La escorrentía superficial es una problemática en muchas áreas urbanas, dado que puede contribuir al aumento del caudal y la contaminación de los cuerpos hídricos. Durante los eventos de precipitación, cierta cantidad de agua se ve interceptada por la vegetación, mientras que otra alcanza el suelo en las áreas urbanas; la gran extensión de superficies impermeables aumenta la cantidad de escurrimiento superficial.

Sin embargo, los árboles urbanos son benéficos al reducir el escurrimiento superficial e interceptar la precipitación, mientras que sus sistemas de raíces promueven la infiltración y el almacenamiento en el suelo.

El software i-Tree permite estimar la escorrentía superficial evitada por parte de los árboles urbanos (Hirabayashi, 2013). Según los resultados obtenidos para Medellín, el bosque urbano ayuda a reducir el escurrimiento superficial en cerca de 225.581 metros cúbicos al año (Tabla 15).



Tabla 15. Escorrentía superficial evitada por el bosque urbano en Medellín.

Comuna	Escorrentía superficial evitada (m ³ /año)
1. Popular	1.423
2. Santa Cruz	1.663
3. Manrique	3.426
4. Aranjuez	9.875
5. Castilla	19.325
6. Doce de Octubre	8.603
7. Robledo	13.337
8. Villa Hermosa	5.246
9. Buenos Aires	9.287
10. La Candelaria	19.695
11. Laureles	27.009
12. La América	15.364
13. San Javier	6.776
14. El Poblado	36.715
15. Guayabal	16.883
16. Belén	30.955
Medellín	225.581

5.4. Valoración Social de los Beneficios de las Zonas Verdes

Como se mencionó anteriormente, el bosque urbano presta múltiples beneficios sociales. Con el objetivo de evaluar estos beneficios, la Alcaldía de Medellín, el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia y la Universidad EIA (2019) realizaron un estudio sobre la valoración social de las zonas verdes en Medellín, a través de la aplicación de encuestas de percepción (Figura 14).

Como puede observarse, el beneficio con el mayor porcentaje de personas que lo reconocen es la recreación (85 %), seguido por la purificación del aire (80 %) y los beneficios en la salud humana (68 %). Se resalta el bajo número de personas que reconocen el aspecto estético, dado que comúnmente el componente verde se ha considerado como un elemento ornamental para embellecer la ciudad.

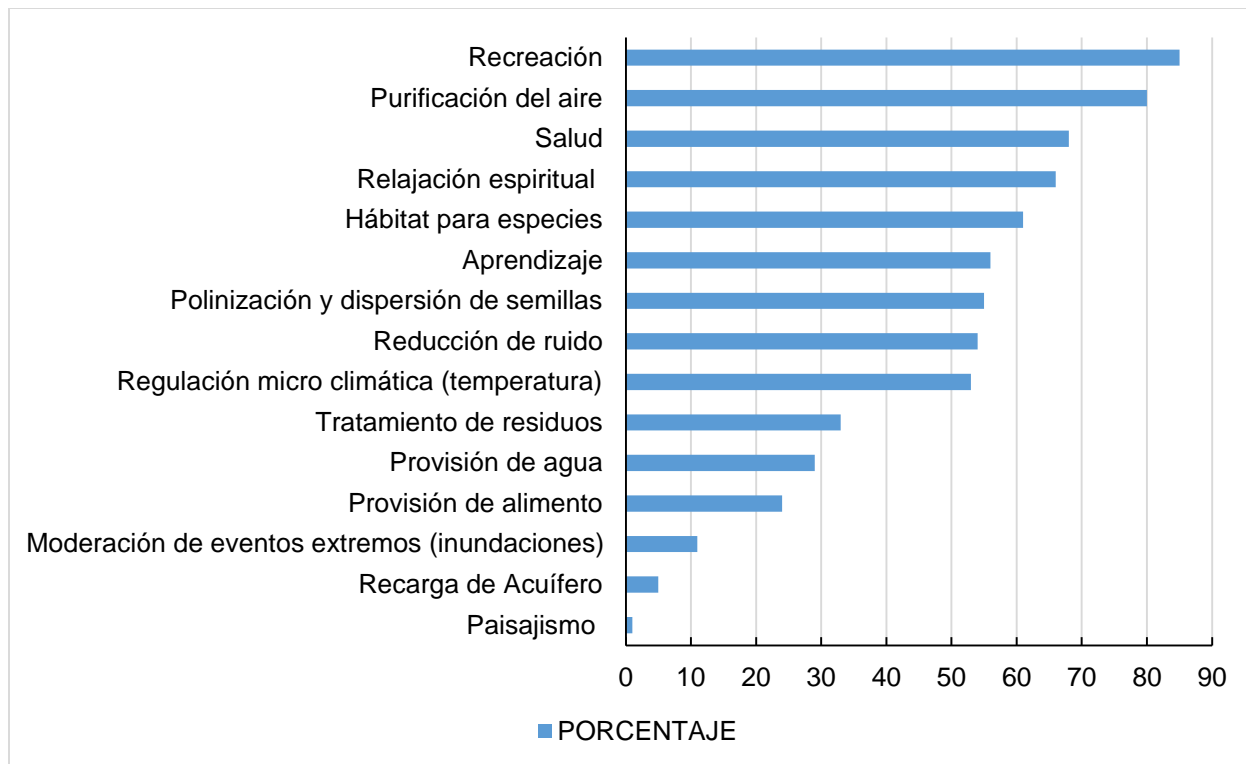


Figura 14. Beneficios de las zonas verdes identificados por la comunidad.

Los espacios verdes urbanos desempeñan un papel esencial en la salud física y mental de las personas, proporcionando espacios de bienestar que mitigan los efectos del estrés, mejoran la calidad del aire y fomentan estilos de vida más activos. Sin embargo, su impacto positivo solo puede aprovecharse plenamente cuando la comunidad reconoce su valor y se involucra en su conservación. La conexión con la naturaleza dentro de las ciudades no solo fortalece la salud individual, sino que también contribuye a la resiliencia urbana y a la calidad de vida colectiva. Por ello, es fundamental promover la educación ambiental y el diseño de políticas públicas que garanticen la protección y el acceso equitativo a estos entornos naturales, asegurando que sus beneficios sigan estando disponibles para las generaciones presentes y futuras.

Impactos negativos del bosque urbano

El bosque urbano, aunque es fundamental para la calidad ambiental y el bienestar de la población, también puede generar impactos negativos en el ambiente y en la salud humana. Entre estos se encuentra la emisión de compuestos orgánicos volátiles, los cuales favorecen la formación de ozono troposférico, un contaminante que afecta la salud de las personas. Además, las labores de mantenimiento conllevan costos económicos y la emisión de dióxido de carbono, mientras que la caída de ramas o árboles representa un riesgo para la seguridad de las personas.



y la infraestructura urbana. Por último, la producción de polen por ciertas especies puede actuar como un alérgeno que perjudica a las personas susceptibles (Escobedo et al., 2011).

Es importante que estos riesgos se minimicen mediante una buena planificación, la selección de las especies apropiadas y el mantenimiento adecuado para garantizar que los beneficios del bosque urbano superen sus posibles efectos negativos.



6. VULNERABILIDAD DEL BOSQUE URBANO AL CAMBIO CLIMÁTICO

La identificación de las especies del bosque urbano más vulnerables al cambio climático es esencial para desarrollar estrategias de conservación y manejo sostenible de este recurso. Muchas especies pueden verse afectadas por el aumento de temperaturas, la reducción de disponibilidad de agua y la mayor incidencia de plagas y enfermedades, lo que puede comprometer su supervivencia y los servicios ecosistémicos que brindan. Estudiar su vulnerabilidad permite anticipar posibles pérdidas, establecer planes de reemplazo progresivo y diseñar estrategias de adaptación, como la diversificación de especies y la mejora del suelo. Además, estos estudios contribuyen a la planificación urbana basada en evidencia, permitiendo que las ciudades se preparen mejor ante los desafíos climáticos y protejan su infraestructura verde de manera efectiva.

En Colombia, desde la publicación del Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2008), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ha desarrollado investigaciones para detectar las evidencias del cambio climático en el país, permitiendo elaborar los escenarios climáticos que se presentarían con mayor probabilidad en las próximas décadas. Adicionalmente, la nación firmó en 2016 un acuerdo mundial histórico sobre el cambio climático, el Acuerdo de París, el cual establece como objetivo principal mantener el aumento de la temperatura media global debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y hacer frente a los efectos inevitables del cambio climático mediante la adaptación.

En el marco de este compromiso se crea el Plan de Acción Climática de Medellín 2020-2050, (Alcaldía de Medellín, 2021), que pretende adelantar acciones para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, implementar una acción climática inclusiva con los actores relevantes y abordar el cambio climático y sus consecuencias en el Distrito. La meta final de este Plan es que Medellín se convierta en una ciudad carbono neutral para el 2050.

Tanto en el Plan de Acción Climática como en el Informe de la Variabilidad Climática del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA, 2018), se señala que en esta región se han identificado cuatro manifestaciones relevantes del cambio climático que se asocian a las alteraciones en patrones de algunas variables climáticas, hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas, las cuales pueden incrementarse con las actividades antrópicas en el territorio. Estas manifestaciones son:

- I. Aumento sistemático de la temperatura.
- II. Aumento de la duración y frecuencia de las temporadas sin lluvia.



- III. Aumento de la duración y frecuencia de las temporadas lluviosas.
- IV. Aumento de la intensidad, magnitud o frecuencia de tormentas.

En dicho informe se encontró que el Distrito presenta un área en amenaza alta de inundaciones y avenidas torrenciales correspondiente al 1,24 % del territorio, en amenaza de movimientos en masa un 8,03 % y un área en amenaza alta de incendios de la cobertura vegetal que representa el 8,91 %. Aproximadamente el 25,64 % del área de Medellín presenta algún tipo de amenaza (AMVA, 2018).

De acuerdo con los reportes de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, entre 1988 y 2019 se presentaron en el Distrito de Medellín aproximadamente 2.565 eventos vinculados a inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa (este último con un 55 % de los registros). Además, se indica que en el mismo periodo se presentó un número estimado de 128 incendios forestales; aunque en el 49 % de los eventos registrados no se especifica la causa del desastre, en el 23 % la falta de lluvias fue el detonante.

El Plan de Acción Climática de Medellín 2020-2050 realizó una evaluación del riesgo ante inundaciones, avenidas torrenciales, deslizamientos, incendios de cobertura vegetal y efecto de isla de calor urbano, en la medida que estas son las principales consecuencias del aumento de la intensidad de lluvias y la temperatura media y máxima.

Al igual que las inundaciones y las avenidas torrenciales, en la ciudad se asocia la ocurrencia de movimientos en masa con las lluvias intensas y prolongadas. Se evidencia que los incendios relacionados con el incremento en la temperatura, la intensidad y la duración de las temporadas secas son también una amenaza.

Las principales manifestaciones del cambio climático en Medellín son el aumento en la intensidad de las precipitaciones y en la temperatura media, registrando días con más de 29 °C.

Aumento de la temperatura media y días con más de 29 °C:

La temperatura media aumentó en el país a una tasa de cambio de 0,13 °C por década, durante el período de 1971-2000. Para el departamento de Antioquia en promedio se ha dado un aumento de valores por encima 0,3 °C/década en este mismo periodo (IDEAM, 2018).

Para el caso de Medellín, Restrepo-Betancur et al., (2019) presentaron un análisis comparativo de la temperatura media, máxima y mínima en el período 1960-2010, lo cual permitió identificar un aumento en la temperatura media de 0,8 °C; en la temperatura mínima un incremento de 1,3 °C y un incremento de 0,5 °C en la temperatura máxima, lo que representa una evidencia del cambio sobre variables climáticas del Distrito (Restrepo-Betancur et al., 2019).

De acuerdo con los análisis del Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá – SIATA (Alcaldía de Medellín, 2019) con base en el subescalamiento del modelo *Community Climate System Model*, versión 4 (CCSM4), bajo el escenario de estabilización de emisiones



moderado, RCP 4.5, en Medellín podrían presentarse incrementos generales de temperatura entre 1,05 °C – 1,2 °C para la década comprendida entre 2040 y 2050, con referencia a la temperatura media (20 – 21 °C) del periodo 1990-2000.

El reporte citado destaca que el aumento de la temperatura máxima puede representar un incremento de 0,5 °C en las horas más calurosas del ciclo diurno, entre las décadas 2030-2040 y 2040-2050, en particular sobre la base del Valle. Asimismo, indica que para la década de 2040-2050 el número de días que superará el umbral de temperatura de 29 °C será de 150 (Restrepo-Betancur et al., 2019).

Este aumento de la temperatura media de la ciudad genera consecuencias como mayor incidencia de islas de calor e incendios forestales, que pueden afectar el bosque urbano al causar mayor estrés y un hábitat no apropiado para muchas especies. Además, se puede cambiar el ciclo de vida de organismos que afectan negativamente la salud de los árboles como insectos y microorganismos (Brandt et al., 2017)

Aumento de la precipitación e intensidad de las precipitaciones

El aumento en la intensidad de las precipitaciones puede traer consecuencias como inundaciones, avenidas torrenciales y deslizamientos. Con el fin de reducir la incertidumbre de las proyecciones climáticas en la elaboración de escenarios, El IDEAM y la Universidad Nacional (2018) realizaron un ensamble multi modelo (no entre escenarios) que permitió concluir que la precipitación hacia el 2011-2040 se reduciría en más del 30% en sectores de la región Caribe y en el trapecio amazónico, y tendría aumentos superiores al 30% en el Cauca y Valle del Cauca, Eje Cafetero, Huila, Tolima, Cundinamarca y Boyacá.

El Plan de Acción Climática de Medellín 2020 – 2050 (Alcaldía de Medellín, 2021) tiene contemplado que para el año 2050 se presente un aumento de casi el 5 % en las precipitaciones de la ciudad.

Con relación a la distribución de la precipitación, Mayorga et al. (2011) pudieron establecer que las tormentas o lluvias intensas están aumentando en amplios sectores del territorio nacional, resaltando zonas como el Caribe, la Orinoquia, el norte de la región Andina (incluida la mayor parte del departamento de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Santander) y Pacífico norte y centro.

Afectación de las especies de árboles por el cambio climático

Los efectos del cambio climático en los árboles urbanos son variados y pueden ser significativos, ya que estos enfrentan condiciones diferentes a los bosques naturales. Algunos de los principales efectos incluyen estrés por las altas temperaturas, alteración en los ciclos fenológicos, mayor vulnerabilidad a eventos extremos y ataque de plagas y enfermedades (Brandt et al., 2017).



Algunas especies de árboles pueden ser incapaces de adaptarse al cambio climático, lo que reduce la biodiversidad de los bosques urbanos y afecta la oferta de servicios ecosistémicos.

Los principales efectos son los siguientes:

- **Estrés por calor:** las temperaturas más altas y las olas de calor frecuentes aumentan la evapotranspiración, lo que ocasiona una mayor demanda de agua por parte de los árboles. Algunos árboles urbanos no están adaptados a climas cálidos, lo que puede reducir su crecimiento o causar su muerte.
- **Alteración en los ciclos fenológicos:** los cambios en las temperaturas pueden afectar los ciclos de brotación, floración y caída de hojas. Esto desincroniza a los árboles con otros organismos que dependen de ellos, como insectos polinizadores.
- **Mayor vulnerabilidad a eventos extremos:** fenómenos como tormentas intensas, huracanes y fuertes vientos pueden dañar significativamente a los árboles urbanos. Las especies con raíces poco profundas pueden ser más propensas a caerse.
- **Aumento de plagas y enfermedades:** el cambio climático favorece la proliferación de plagas y patógenos que afectan los árboles, debido a las temperaturas más altas y ciclos de reproducción más rápidos. Especies que antes no eran problemáticas en ciertas regiones pueden expandir su rango debido al cambio de temperatura.

Tales condiciones aumentan la vulnerabilidad de las especies al cambio climático y provocan mayores tasas de mortalidad en relación con los bosques en zonas rurales (Esperón-Rodríguez, et al., 2020)

Un estudio realizado por Esperón-Rodríguez et al., (2022) en 164 ciudades, analizó las condiciones ambientales requeridas por 3.129 especies de árboles y arbustos urbanos. Esta investigación indica que el 56 % de las especies experimentan condiciones climáticas que superan sus márgenes de tolerancia (sensibilidad intrínseca de las especies al cambio climático) de temperatura media anual y el 65 % para las precipitaciones. Es decir, más de la mitad de las especies arbóreas de las ciudades estudiadas se ven afectadas por estas manifestaciones del cambio climático.

El equipo también analizó diferentes escenarios para 2050, en los cuales se estima que los porcentajes de especies en riesgo sean del 76 % y el 70 % de acuerdo con las temperaturas medias y precipitaciones anuales esperadas, respectivamente. Los autores aclaran que no significa que este porcentaje de especies arbóreas vaya a morir, sino que podrían estar experimentando condiciones climáticas estresantes que pueden afectar su salud y comportamiento.



En esta investigación se incluyeron seis ciudades de Colombia, entre ellas Medellín, para la cual se evaluaron 373 especies arbóreas existentes en la ciudad. El escenario analizado fue el de trayectoria de concentración representativa RPC (por sus siglas en inglés) de 4,5, que considera un aumento en la temperatura de Medellín de 1,5 °C y un aumento de 4,6 mm anuales de precipitación para una proyección al año 2050. En la Tabla 16 se presentan el número de especies que superan su margen de tolerancia a las proyecciones de tres variables climáticas (Esperon-Rodríguez et al., 2022).

Tabla 16. Margen de tolerancia y alto riesgo de algunas especies de la ciudad de Medellín.

Proyección para el 2050	Especies en alto riesgo	Especies en alto riesgo (%)
Precipitación anual total	150	40%
Temperatura máxima del mes más cálido	49	13%
Precipitación en el cuartil más seco	61	16%

Fuente: Esperón-Rodríguez et al., 2022

Para el caso de Medellín, de las 373 especies evaluadas, 150 especies (40%) están en alto riesgo por el aumento en la precipitación. El 13 % (49 especies) está en alto riesgo por sobrepasar la temperatura de su rango de tolerancia. Y el 16 % (61 especies) está en riesgo por el valor de la precipitación en el cuartil más seco.

Según estos resultados, 27 especies arbóreas tienen alto riesgo por los tres factores: aumento de la precipitación anual, aumento de la temperatura y precipitación en el cuartil más seco (Tabla 17). Esta cifra corresponde al 2 % de las especies de Medellín, y su abundancia corresponde a 8.897 individuos, lo que equivale al 2,5 % de los individuos registrados en el aplicativo SAU con corte a abril de 2023.

Tabla 17. Especies con alto riesgo por cambios en la temperatura y la precipitación.

Especies en alto riesgo	Nombre común	Condición en Colombia según origen	Número de individuos
<i>Bellucia pentamera</i>	Guayabo de pava	Nativa	70
<i>Billia rosea</i>	Cucharo	Nativa	73
<i>Cavendishia pubescens</i>	Uvito	Nativa	47
<i>Cedrela montana</i>	Cedro de altura	Nativa	259
<i>Chamaedorea pinnatifrons</i>	Palma molinillo	Nativa	144
<i>Clusia alata</i>	Chagualo	Nativa	37
<i>Croton magdalenensis</i>	Drago	Nativa	349
<i>Dendropanax arboreus</i>	Pategallina	Nativa	94
<i>Geonoma undata</i>	Carmaná	Nativa	33



Especies en alto riesgo	Nombre común	Condición en Colombia según origen	Número de individuos
<i>Hasseltia floribunda</i>	Pechuga de gallina	Nativa	785
<i>Jacaranda hesperia</i>	Gualanday, Chingalé	Nativa	765
<i>Luehea seemannii</i>	Guácimo colorado	Nativa	207
<i>Meriania nobilis</i>	Amarrabollo	Nativa	27
<i>Miconia caudata</i>	Nigüito	Nativa	437
<i>Miconia minutiflora</i>	Nigüito, mortiño	Nativa	334
<i>Miconia theaezans</i>	Nigüito	Nativa	118
<i>Morella pubescens</i>	Olivo de cera	Nativa	42
<i>Myrsine coriacea</i>	Cucharó	Nativa	103
<i>Podocarpus oleifolius</i>	Chaquiro	Nativa	51
<i>Quercus humboldtii</i>	Roble de tierra fría	Nativa	177
<i>Solanum sycophanta</i>	Solanun arbóreo	Nativa	8
<i>Toxicodendron striatum</i>	Manzanillo	Nativa	22
<i>Trichanthera gigantea</i>	Quebra barrigo	Nativa	584
<i>Urera caracasana</i>	Pringamoso	Nativa	2
<i>Weinmannia pubescens</i>	Encenillo	Nativa	13
<i>Zygia longifolia</i>	Suribio	Nativa	4108

Fuente: (Esperón-Rodríguez et al., 2022)

La selección de especies de árboles urbanos resistentes al cambio climático es crucial para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos y la calidad de vida de sus habitantes. Dado que los entornos urbanos enfrentan temperaturas extremas, contaminación y cambios en los patrones de precipitación, elegir especies adaptadas a estas condiciones mejora la resiliencia del arbolado y reduce costos de mantenimiento. Además, la investigación en este campo es fundamental para comprender cuáles especies pueden prosperar en distintos escenarios climáticos futuros y cómo pueden contribuir a la mitigación del calor urbano, la captura de carbono y la biodiversidad. Invertir en estudios sobre la resistencia y adaptabilidad de los árboles urbanos es una estrategia clave para el desarrollo de la ciudad de manera en el futuro. Es importante complementar el estudio presentado con otras especies de plantas de Medellín que puedan ser vulnerables al cambio climático en la ciudad.



7. GESTIÓN DEL BOSQUE URBANO EN MEDELLÍN

La implementación exitosa de los planes de manejo del bosque urbano requiere la participación de la comunidad y el desarrollo de alianzas entre los diferentes actores que intervienen el bosque urbano (FAO, 2016). La contribución de diferentes organizaciones en la gestión del bosque urbano es crucial para garantizar una planificación, implementación y mantenimiento más efectivos y sostenibles. Cada actor aporta una visión única basada en sus conocimientos, experiencias e intereses, lo cual permite identificar necesidades específicas y crear estrategias más completas.

Frente a los retos que enfrenta el bosque urbano, la participación multisectorial garantiza que se desarrollen estrategias adaptadas a diferentes escenarios y necesidades. La integración de actores facilita la innovación y la flexibilidad para responder a los desafíos. Un enfoque colaborativo no solo asegura la sostenibilidad del bosque urbano, sino que también potencia los beneficios sociales, ambientales y económicos que brindan los espacios verdes urbanos.

Asimismo, cuando la comunidad participa en las diferentes etapas de planeación y gestión del bosque urbano, se genera mayor apropiación y compromiso por los proyectos formulados. Esto fomenta un sentido de responsabilidad compartida en labores de mantenimiento del bosque y en actividades de sensibilización, educación y protección.

El primer paso en el proceso de planificación participativa del bosque urbano es la identificación de los actores, es decir, aquellas organizaciones que intervienen de alguna manera en la gestión del bosque urbano. En esta etapa de la construcción del PDSU para Medellín se utilizó la herramienta STEW-MAP, desarrollada por el Servicio Forestal de los Estados Unidos, la cual permite identificar las organizaciones que trabajan para conservar, gestionar y educar sobre el medio ambiente en una ciudad o región. Esta permite visualizar la información disponible para el público con el fin de apoyar una gama de aplicaciones prácticas (Svensen et al., 2016). Puede utilizarse para promover la participación y construir asociaciones más efectivas entre las partes interesadas.

STEW-MAP es una abreviatura en inglés que se traduce al español como Proyecto de Mapeo y Evaluación de los Gestores Ambientales, la cual usa la siguiente definición general de gestión ambiental: conservar, manejar, cuidar, observar, monitorear, defender y educar al público sobre el medio ambiente local. Esto incluye el manejo de las zonas verdes, la restauración de ecosistemas degradados, las huertas comunitarias, la jardinería, la promoción del reciclaje, la limpieza de lotes vacíos y otro tipo de actividades. Es una herramienta que permite identificar las organizaciones y conocer más sobre el trabajo que realizan en una región.

Los pasos para la implementación de STEW-MAP son los siguientes:



- Recolección de información
- Aplicación de una encuesta
- Análisis de la información
- Elaboración de la red de organizaciones

La encuesta de STEW-MAP permite obtener la siguiente información:

- **Características de las organizaciones:** tipo de organización, misión, actividades que realizan, enfoque principal, número de empleados, año de fundación, fuentes de financiamiento y áreas donde trabajan.
- **Área geográfica:** se refiere al territorio donde un grupo trabaja en la ciudad o en una región. No se refiere al domicilio de la organización, sino al área donde desempeña sus labores. Permite un mejor entendimiento de los patrones espaciales de las actividades de gestión ambiental en el área de estudio, de los vacíos y de la superposición de las áreas de trabajo de las diferentes organizaciones.
- **Red de organizaciones:** con los resultados de STEW-MAP se elabora un mapa que ilustra las relaciones existentes entre los diferentes actores. Es útil para promover la colaboración entre los grupos que trabajan por el medio ambiente, coordinar la gestión ambiental y aumentar la capacidad de gestión de las organizaciones en las comunas. Tiene el potencial de incrementar la cohesión social y facilita compartir los recursos entre los grupos.

7.1. Organizaciones Ambientales

Se identificaron las organizaciones públicas, grupos comunitarios, corporaciones, fundaciones, entidades educativas, empresas privadas y otros actores que realizan actividades de gestión del bosque urbano en Medellín. Para cada organización se recopilaron los siguientes datos: contacto, tipo de organización, dirección, número de teléfono, correo electrónico, misión, actividades realizadas, áreas de trabajo, año de fundación y medios de difusión de la información utilizados. Es importante anotar que no fue posible obtener estas variables para todas las entidades encuestadas.

Clasificación de las organizaciones

Se construyó una base de datos con las respuestas recibidas de la encuesta. Los tipos de organizaciones que participaron se clasificaron así: entidad pública, grupo institucional, grupo



comunitario, fundación, corporación, institución educativa, caja de compensación y empresa privada. En la Tabla 18 se presenta el número de cada tipo y el porcentaje que representan.

La definición de cada organización se presenta a continuación:

- **Entidad pública:** organizaciones que hacen parte del estado y están relacionadas con el gobierno. Proveen un servicio público.
- **Grupo institucional:** organizaciones promovidas por las diferentes instituciones relacionadas con la administración estatal y el gobierno.
- **Grupo comunitario:** agrupación voluntaria de la comunidad para la realización de actividades relacionadas con el medio ambiente.
- **Fundación:** organización privada sin ánimo de lucro.
- **Corporación:** entidad privada sin ánimo de lucro.
- **Institución educativa:** instituciones como colegios, universidades y demás sectores académicos cuyos fines misionales tienen que ver con las labores de enseñanza y producción de conocimiento.
- **Caja de compensación:** instituciones privadas encargadas de proveer servicios sociales y de bienestar a sus afiliados y a la comunidad, especialmente a los trabajadores.
- **Empresa privada:** entidad privada con ánimo de lucro dedicada a la producción o prestación de bienes y servicios.

Tabla 18. Organizaciones que participan en la gestión del bosque urbano en Medellín.

Tipo de organización	Número	Porcentaje
Entidad pública	9	8%
Grupo institucional	26	22%
Grupo comunitario	31	26%
Fundación	7	6%
Corporación	9	8%
Institución educativa	6	5%
Caja de compensación	2	2%
Empresa privada	28	23%
Total	118	100%

Actividades realizadas por las organizaciones

La mayoría de las organizaciones encuestadas, equivalentes al 86 %, realizan actividades de conservación o preservación de los espacios verdes urbanos. La actividad que menos realizan las organizaciones son las relacionadas con restaurar o transformar el hábitat local con 49% (Tabla 19).



Tabla 19. Actividades de gestión realizadas por las organizaciones.

Actividades de gestión	Porcentaje
Conservar o preservar	86%
Cuidar un lugar en el ambiente local	83%
Educar al público sobre el medio ambiente local	82%
Defender el medio ambiente local	72%
Observar y monitorear la calidad del medio ambiente local	69%
Restaurar o transformar el hábitat local	49%

Las actividades realizadas por las diferentes organizaciones encuestadas están dirigidas principalmente a la intervención del arbolado urbano (68 %), seguido de jardines comunitarios (51 %) y áreas naturales (49 %). Solo el 9 % de sus actividades se llevan a cabo en lugares como centros recreativos, muros y techos verdes.

A continuación, se describen las actividades específicas que realizan algunas de estas organizaciones que participan en la gestión del bosque urbano en Medellín.

Secretaría de Medio Ambiente de Medellín (SMA): es una dependencia del nivel central que tiene como responsabilidad definir e implementar políticas ambientales, así como la planeación, diseño, coordinación, ejecución y evaluación de estrategias relacionadas con la conservación, recuperación y protección de los recursos naturales renovables y su sostenibilidad ambiental. La SMA está encargada de la planificación, mantenimiento y conservación de las zonas verdes y el arbolado de la ciudad. No es autoridad ambiental ni ejecuta en forma directa labores de construcción y sostenimiento de obras públicas en áreas diferentes a las circundantes de quebradas (Alcaldía de Medellín, 2024).

Entre las actividades relacionadas directamente con el bosque urbano se destacan las siguientes:

- Definir las políticas, planes y programas tendientes a la investigación que permitan la conservación, mejoramiento, promoción, valoración y uso sostenible de los recursos naturales renovables y los servicios ambientales del Distrito.
- Definir y concertar los planes, programas y proyectos de formación y educación para mejorar la gestión ambiental y el uso responsable de los recursos naturales renovables, fomentando así una cultura de respeto por el patrimonio natural.
- Adoptar los planes, programas y proyectos para la conservación, recuperación y protección de los recursos naturales renovables y mejoramiento de las condiciones



ambientales, además de liderar la elaboración de los planes que de acuerdo con la competencia correspondan al Distrito de Medellín en materia ambiental.

Secretaría de Infraestructura Física de Medellín (SIF): es una dependencia del nivel central que tiene como responsabilidad formular, ejecutar y evaluar políticas de construcción y mejoramiento del espacio público. Es la Secretaría encargada realizar la gestión, diseño, construcción, mejoramiento, mantenimiento y conservación de la infraestructura física de uso abierto que demande el progreso de Medellín, propendiendo por la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Entre las actividades relacionadas con el bosque urbano está la protección, mantenimiento y fomento de los espacios verdes, así como la construcción, reparación, remodelación, mantenimiento, amueblamiento y cuidado de los parques públicos y zonas de recreación pasiva de Medellín (Alcaldía de Medellín, 2024).

Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA): es una entidad administrativa de derecho público que asocia a los diez municipios que conforman el Valle de Aburrá. Actúa como autoridad de transporte público metropolitano y autoridad ambiental urbana. Es un ente articulador planificador y de coordinación territorial (AMVA, 2024).

En sus funciones principales se encuentran: programar y coordinar el desarrollo armónico, integrado y sustentable de los municipios que la conforman; liderar la construcción de infraestructura metropolitana de espacios públicos y equipamientos de carácter social, la vivienda y su entorno; y ser autoridad y articulador de la calidad ambiental y el desarrollo sostenible abarcando asuntos del cuidado y protección, la gestión, la vigilancia y el control ambiental y de gestión del riesgo.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá tiene funciones clave relacionadas con el bosque urbano que se enmarcan en su misión de promover un desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida en los municipios que conforman esta región.

Empresas Públicas de Medellín (EPM): participa en actividades relacionadas con el arbolado urbano en los siguientes casos:

- **Intervenciones en Infraestructura:** durante la instalación o mantenimiento de servicios públicos como redes eléctricas, acueducto o alcantarillado, puede realizar podas o trasplantes de árboles que interfieran con estas infraestructuras.



- **Programas ambientales:** desarrolla programas de responsabilidad social y ambiental que incluyen la plantación de árboles y la creación de espacios verdes, contribuyendo así al aumento y mejoramiento del arbolado urbano.

Las actividades realizadas por EPM son coordinadas con las autoridades municipales competentes, asegurando el cumplimiento de las normativas locales y la protección del medio ambiente (EPM, 2024).

Empresas Varias de Medellín (EMVARIAS): tiene competencias específicas relacionadas con el bosque urbano en la ciudad. Sus responsabilidades incluyen:

- **Poda de árboles en espacio público:** EMVARIAS es la entidad encargada de atender las solicitudes de poda de árboles ubicados en espacios públicos de Medellín.
- **Recolección de residuos vegetales:** la empresa presta el servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos originados por actividades de jardinería, corte de césped, poda y tala autorizada de árboles. Este servicio está dirigido a entidades o empresas que lo requieran, con el fin de facilitar una correcta disposición.

Es importante destacar que, aunque EMVARIAS realiza podas en espacios públicos, las intervenciones en retiros de quebradas son competencia de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. Para las intervenciones de los árboles ubicados en propiedades privadas, los propietarios deben solicitar los permisos correspondientes ante el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, que es la autoridad ambiental competente en la región (EMVARIAS, 2024).

Jardín Botánico de Medellín: es una fundación sin ánimo de lucro que desempeña un papel fundamental en la gestión y conservación del arbolado urbano y los jardines de la ciudad. Sus competencias incluyen:

- **Conservación y mantenimiento de zonas verdes:** desde hace más de una década, el Jardín Botánico se encarga de la manutención y jardinería de los espacios verdes de Medellín, asegurando su adecuado cuidado y preservación.
- **Manejo fitosanitario y silvicultura urbana:** ofrece servicios especializados en manejo fitosanitario, establecimiento y mantenimiento de jardines y árboles, así como en la implementación de jardines verticales. Estas actividades son supervisadas por profesionales con experiencia en silvicultura urbana.



- **Investigación y educación ambiental:** como museo vivo y centro de investigación científica, promueve la educación ambiental y la cultura ciudadana, ofreciendo programas educativos y culturales relacionados con la biodiversidad y la conservación de la flora.

La Empresa de Desarrollo Urbano (EDU): es la entidad responsable del diseño y ejecución de programas públicos de gestión urbana. Los recursos provienen de la Alcaldía de Medellín, y son asignados para la ejecución de obra pública (EDU, 2024).

Metro de Medellín: la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada – Metro de Medellín fue creada el 31 de mayo de 1979. Se constituyó con el fin de construir, administrar y operar el sistema de transporte masivo, generando desarrollo y buscando ofrecer calidad de vida a los habitantes del Valle de Aburrá. La empresa se hace cargo de la vegetación en el área de influencia del sistema de transporte.

Mesas Ambientales: son espacios de participación y discusión en los que diferentes actores (ciudadanos, organizaciones, empresas, instituciones gubernamentales, entre otros) se reúnen para abordar temas relacionados con la gestión y protección del medio ambiente en un área específica. Sus objetivos principales incluyen:

- **Identificación de problemas ambientales:** detectar y analizar problemas o situaciones ambientales en una comunidad, ciudad o región, como lo son la contaminación del aire, la gestión de residuos, el manejo de recursos naturales y la biodiversidad.
- **Propuesta de soluciones:** generar y desarrollar propuestas de solución a problemas ambientales específicos, buscando opciones que sean viables, sostenibles y adaptadas al contexto local.
- **Educación y sensibilización:** promover la educación ambiental y la sensibilización de la comunidad en el cuidado del medio ambiente y la implementación de prácticas sostenibles.
- **Fortalecimiento de políticas públicas:** colaborar con entidades gubernamentales para diseñar, mejorar o implementar políticas ambientales, leyes y reglamentos que protejan el medio ambiente.
- **Promoción de proyectos de sostenibilidad:** impulsar proyectos y actividades que contribuyan al desarrollo sostenible como la reforestación, la conservación de áreas verdes, la reducción de residuos o la implementación de energías limpias.

Estas mesas sirven como puentes de comunicación entre la comunidad y las autoridades, permitiendo que las decisiones sobre el ambiente incluyan las perspectivas de todos los interesados.



Juntas de Acción Comunal (JAC): son organizaciones comunitarias que representan a los vecinos de un barrio y buscan promover el desarrollo y bienestar de su comunidad. Corresponden a un carácter privado, sin ánimo de lucro, con personería jurídica y patrimonio propio. Están conformadas por residentes de un lugar, ya sea barrio, sector o urbanización, que se unen para trabajar en conjunto en la solución de las necesidades de la comunidad. Su propósito principal es organizar a los ciudadanos para trabajar juntos en proyectos y actividades que beneficien su entorno.

Entre sus funciones se encuentran:

- **Representación comunitaria:** son la voz de la comunidad frente a las autoridades locales y otros organismos, ya que se encargan de expresar sus necesidades, preocupaciones y abogar por proyectos que beneficien a los residentes.
- **Gestión de proyectos de desarrollo:** buscan planificar, gestionar y ejecutar proyectos que mejoren la calidad de vida de la comunidad.
- **Promoción de la participación ciudadana:** fomentan la participación de los miembros de la comunidad, impulsando actividades y reuniones donde se discutan los temas de interés colectivo.
- **Resolución de conflictos comunitarios:** actúan como mediadoras en conflictos entre vecinos o en situaciones que afectan la convivencia, ayudando a mantener un ambiente armonioso.
- **Educación y sensibilización:** realizan actividades de capacitación y sensibilización sobre temas como el cuidado del medio ambiente, la seguridad, la salud y el bienestar.
- **Promoción de la cultura y el deporte:** organizan eventos culturales, recreativos y deportivos para fortalecer el sentido de pertenencia y la cohesión social entre los vecinos.

Las JAC son fundamentales para el desarrollo social de Colombia, ya que permiten que los ciudadanos participen activamente en el desarrollo de su propio entorno y contribuyan a la solución de problemas locales.

7.2. Red de Organizaciones Ambientales

Para la construcción de la red de organizaciones ambientales se utilizó inicialmente la información reportada por 65 organizaciones, quienes a su vez identificaron 58 grupos más con los cuales trabajan, para finalmente obtener 118 organizaciones. Finalmente, se obtuvo una red con un total de 118 elementos y 173 conexiones (Figura 15).



Para la elaboración de la red de organizaciones ambientales se identificaron las relaciones existentes entre ellas, utilizando la plataforma Kumu. Para visualizar el mapa de redes de las organizaciones que intervienen el medio ambiente del Distrito y con quienes se relacionan, se puede ingresar en el siguiente enlace:

<https://embed.kumu.io/44bf4313e9edafe54b5cf458e619d1f3#untitled-map>

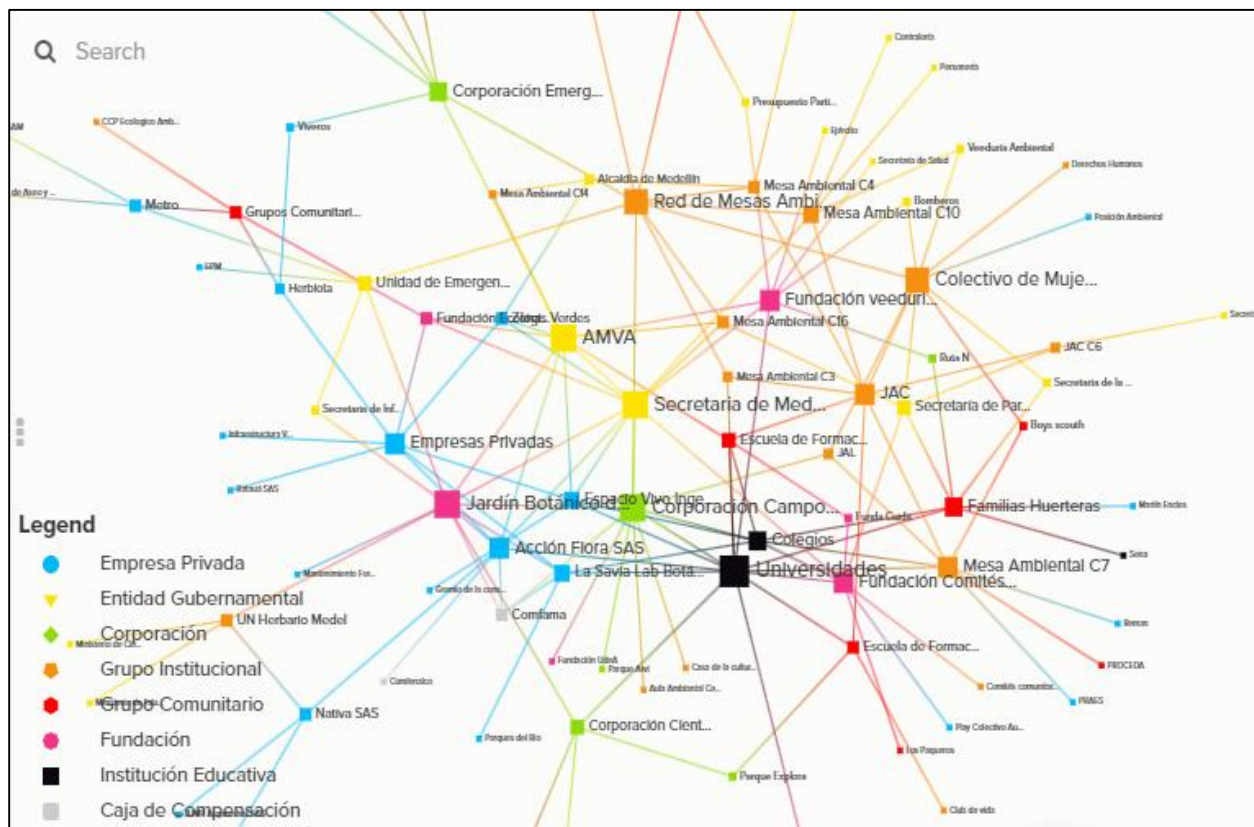


Figura 15. Red de organizaciones que intervienen el bosque urbano en Medellín.

Para el análisis de las relaciones entre las organizaciones se consideraron las siguientes métricas: grado de centralidad, centralidad de intermediación y cercanía, las cuales se describen a continuación.

- **Grado de centralidad:** es la métrica que cuenta el número de conexiones que tiene un elemento. Los elementos con alto grado de centralidad son los conectores locales, pero no necesariamente son los mejor conectados a la red más amplia. Son considerados los



elementos líderes, con un alto grado de aprobación y representan una fuente de asesoramiento, experiencia e información.

- **Centralidad de intermediación:** mide el número de veces que un elemento se encuentra en el camino más corto entre otros dos elementos. Los elementos con alta intermediación tienen más control sobre el flujo de información y actúan como puentes clave dentro de la red.
- **Cercanía:** mide la distancia de cada elemento a los demás. Los elementos con alta cercanía pueden difundir información al resto de la red más fácilmente, y en general tienen una gran visibilidad de lo que sucede en la red.

Las organizaciones que obtuvieron los mayores valores en estas métricas fueron:

1. Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)
2. Secretaría de Medio Ambiente de Medellín
3. Jardín Botánico de Medellín
4. Universidades

Los resultados de STEW-MAP permitieron identificar las organizaciones que trabajan en el cuidado y protección del bosque urbano y las relaciones entre ellas, fortaleciendo las capacidades y promoviendo el compromiso con otros grupos involucrados en la sostenibilidad urbana.

El mapa de relaciones entre los grupos es un medio para la divulgación de las actividades de las organizaciones, permitiéndoles ofrecer sus servicios y motivar a las personas de otros barrios o comunas para organizarse en pro de su entorno. La Alcaldía de Medellín tendrá a su disposición este mapa con la ubicación de dichas organizaciones, con el fin de emplear esta información como herramienta para el desarrollo de procesos de participación ciudadana.

Este ejercicio de acercamiento para identificar los diversos grupos que intervienen el medio ambiente de la ciudad permitió conocer la importancia de algunas organizaciones gubernamentales, universidades y el Jardín Botánico, como puntos clave de la red que tienen una gran responsabilidad en la gestión del medio ambiente y la inclusión de los grupos comunitarios y demás organizaciones. Es evidente la gran cantidad de grupos que realizan actividades de gestión del bosque urbano en Medellín y lo importante que es fortalecer sus capacidades para promover el cuidado de las zonas verdes de la ciudad.



7.3. Prácticas Silviculturales

Las prácticas de silvicultura urbana abarcan una serie de actividades diseñadas para garantizar la salud, la seguridad y la sostenibilidad de los árboles urbanos. Estas prácticas buscan maximizar los beneficios que los árboles aportan a las ciudades y minimizar los riesgos a la población y la infraestructura. A continuación, se describen brevemente las principales prácticas que se deben incluir en el manejo del bosque urbano, de acuerdo con el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín (Secretaría de Medio Ambiente, 2015):

Selección de especies: en lo posible elegir especies nativas o adaptadas al clima local, considerando su resistencia a condiciones urbanas como la contaminación y el estrés hídrico. Evitar especies invasoras o aquellas propensas a causar problemas como raíces agresivas o alergias.

Producción de material vegetal: debe estar orientada a la diversidad florística y garantizar la alta calidad de las raíces, tallo y follaje.

Plantación adecuada: planificar la plantación en función del espacio disponible, considerando el crecimiento futuro del árbol. Incluye las siguientes actividades: preparación del terreno, hoyado, plantación, fertilización, uso de contenedores de raíces y tutorado. Se debe propender por plantar el árbol de la especie adecuada en el sitio correcto.

Mantenimiento de las zonas verdes: incluye el corte de pasto, el control y eliminación de plantas no deseadas.

Podas: realizar podas regulares para eliminar ramas muertas, peligrosas o mal formadas, promoviendo una estructura saludable. Evitar prácticas como las podas drásticas que debilitan al árbol y aumentan el riesgo de caídas.

Control de plagas y enfermedades: implementar programas de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), combinando métodos biológicos, culturales y químicos; promover la biodiversidad para reducir la propagación de plagas y enfermedades.

Manejo del suelo: mejorar la calidad del suelo mediante técnicas como la aireación, el compostaje y la aplicación de enmiendas orgánicas; controlar la compactación del suelo en áreas urbanas para favorecer el desarrollo de raíces.

Nutrición: aplicar fertilizantes de forma controlada, según las necesidades específicas del árbol y las condiciones del suelo.



Manejo de árboles riesgosos: evaluar regularmente el riesgo de caída de árboles o ramas, especialmente en zonas con alta afluencia de personas y vehículos, o cerca de obras de infraestructura; retirar árboles muertos o que representen un peligro inminente.

Recuperación de árboles caídos: implementar planes para el manejo de árboles que han caído debido a tormentas u otros eventos, promoviendo la reutilización de madera o el reciclaje.

Trasplante: analizar la pertinencia y justificación en términos ambientales, sociales y económicos. Evaluar aspectos como la edad, el estado fitosanitario, la importancia de la especie.

Tala: se realiza cuando el árbol representa un riesgo para las personas o la infraestructura o por la necesidad de desarrollar obras civiles. Requiere permiso de la autoridad ambiental.

Las especificaciones técnicas para la implementación de estas prácticas silviculturales están disponibles en el Manual de Silvicultura para Medellín (Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, 2015) y en la Guía para el Manejo del Arbolado Urbano en el Valle de Aburrá (Moreno & Hoyos, 2015).

En la Tabla 20 se presentan los datos históricos de números de árboles que han sido plantados e intervenidos (mantenimiento, poda, trasplante y tala) según los registros del Sistema de Árbol Urbano (www.medellin.gov.co/sau) a corte de diciembre de 2023.

Tabla 20. Prácticas silviculturales años 2012 – 2023 en Medellín

Año	Plantación	Mantenimiento	Poda	Trasplante	Tala
2012	788	9.332	33	1	85
2013	5.273	12.328	40	205	877
2014	7.076	24.838	178	104	1.386
2015	8.169	22.897	195	352	1.964
2016	11.332	19.361	7.673	225	1.044
2017	13.258	33.191	16.991	102	1.996
2018	20.362	60.129	4.602	247	2.431
2019	17.164	63.115	2.866	283	3.656
2020	19.978	55.905	4.946	148	1.516
2021	12.679	54.507	15.018	133	1.813
2022	23.326	80.370	22.789	66	2.291
2023	7.998	80.485	21.714	55	3.398



8. PLAN ESTRATÉGICO

La formulación del Plan Distrital de Silvicultura Urbana para Medellín contempla el análisis de la problemática del bosque urbano, la evaluación de indicadores y la propuesta de estrategias, objetivos y acciones orientadas a cumplir su visión de futuro. El diagnóstico del bosque urbano identifica retos significativos que requieren una atención oportuna para fortalecer su resiliencia frente a amenazas climáticas y antrópicas. Las estrategias propuestas están enfocadas en optimizar la gestión interinstitucional, mejorar las prácticas de manejo silvicultural, fomentar la participación ciudadana, promover un desarrollo urbano armónico y fortalecer los sistemas de información e investigación. Este enfoque integral busca articular las dimensiones ecológica, social y económica para garantizar la conservación y la sostenibilidad del bosque urbano de la ciudad.

8.1. Análisis de la Problemática

La problemática del bosque urbano en el Distrito de Medellín se manifiesta en múltiples aspectos que limitan su capacidad para proporcionar los servicios ecosistémicos esenciales que este recurso ofrece. Entre los principales desafíos se encuentran la pérdida progresiva de espacios verdes urbanos, lo que impacta negativamente la calidad de vida y el equilibrio ambiental de la ciudad, la débil articulación interinstitucional que dificulta la implementación de estrategias efectivas y la deficiente apropiación de estos espacios por parte de la comunidad, limitando su cuidado y protección. A esto se suman prácticas silviculturales inadecuadas que comprometen la salud y longevidad del arbolado urbano.

Por otro lado, el seguimiento y control de los procesos de urbanización son insuficientes, lo que favorece la ocupación desmedida de áreas verdes. Esta situación se agrava con el déficit presupuestal que restringe los recursos necesarios para la conservación y manejo del bosque urbano. Asimismo, la falta de conocimiento general sobre la importancia y el manejo adecuado de este ecosistema, junto con un monitoreo insuficiente, limita la capacidad de tomar decisiones informadas y sostenibles.

La problemática del bosque urbano en Medellín fue identificada a través de talleres participativos realizados con los diversos actores involucrados en su manejo y con la comunidad.

Los principales problemas son:

- Pérdida de espacios verdes urbanos
- Débil articulación interinstitucional para la gestión del bosque urbano



- Deficiencias en el cumplimiento de la normativa
- Déficit presupuestal
- Falta de apropiación de los espacios verdes por parte de la comunidad
- Prácticas silviculturales inadecuadas
- Monitoreo y mantenimiento insuficiente del bosque urbano
- Deficiencias en investigación
- Cambio climático

Pérdida de espacios verdes urbanos

Uno de los problemas más críticos que enfrenta el bosque urbano en Medellín es la creciente pérdida de la cobertura vegetal y su distribución inequitativa entre las comunas. El crecimiento urbano implica que las zonas verdes se conviertan a pisos duros y que se reduzca cada vez más el espacio requerido para el adecuado desarrollo de las raíces de los árboles. Adicionalmente, se crea la necesidad de instalar redes de servicios, tanto aéreas como subterráneas, las cuales pueden generar conflicto con la vegetación urbana.

Las causas de esta problemática son:

- **Crecimiento de la población urbana:** se debe principalmente a la migración de la población rural a las ciudades, que tiene como efecto la urbanización creciente y las invasiones ilegales. Con el fin de ofrecer las condiciones mínimas de calidad de vida y garantizar el suministro de servicios para la población humana creciente, se debe aumentar la infraestructura gris con la construcción de viviendas, industrias, entre otros. Algunas de las causas de esta migración hacia el área urbana son la dificultad por parte del Estado para controlar y atender esta situación, así como las pocas oportunidades y las condiciones complejas de orden público que se viven en el área rural.
- **Construcciones públicas y privadas:** el desarrollo de obras públicas y privadas (legales e informales) se hace a expensas de las áreas con cobertura vegetal, siendo frecuente que haya prioridad de los desarrollos urbanísticos sobre la protección del bosque urbano. Este proceso se presenta tanto en las áreas urbanas como de expansión urbana. Algunas licencias de construcción se otorgan sin verificar la importancia de conservar el bosque urbano y los demás recursos naturales.
- **Conflicto con las redes de servicios públicos:** los árboles entran en conflicto con algunas infraestructuras como edificios, cables eléctricos y vías, lo que lleva a una poda excesiva o a la remoción de estos.



Débil articulación interinstitucional para la gestión del bosque urbano

Se requiere un trabajo más articulado entre las diferentes dependencias que facilite la permanencia de todos los elementos de la infraestructura verde. La falta de integración y coordinación entre las entidades competentes genera desincronización en sus acciones, ocasionando, en algunos casos, que no cuenten con acceso oportuno a la información necesaria.

Deficiencias en la aplicación de la normativa

Si bien existen normas asociadas a la protección del bosque urbano a escala distrital y regional, hay deficiencias en su aplicación que conllevan al deterioro de los espacios verdes urbanos. Las principales causas son las siguientes:

- **Ausencia de un plan específico:** no existe un plan específico y bien definido que contemple la valoración, planeación, gestión e incremento de los bosques urbanos, lo que dificulta su desarrollo sostenible.
- **Falta de alcance en la autoridad territorial:** las diferentes instancias que ejercen autoridad en el territorio a menudo operan con alcance limitado y actúan de forma reactiva, sin obedecer a un plan de acción integral y estratégico.
- **Desarticulación de políticas públicas y privadas:** no hay una unificación entre las políticas públicas y privadas relacionadas con la gestión del bosque urbano, lo que limita la implementación de estrategias conjuntas y eficientes.
- **Deficiente socialización de la normatividad:** la normatividad local y regional sobre el bosque urbano no se socializa adecuadamente, lo que genera desconocimiento entre los actores involucrados y limita su correcta implementación.

Déficit presupuestal

El presupuesto asignado para la conservación del bosque urbano es insuficiente, lo que afecta la continuidad en el mantenimiento de los árboles. La baja disponibilidad de recursos económicos limita la capacidad de respuesta oportuna para el manejo adecuado de los individuos arbóreos, dificultando la gestión y preservación del bosque urbano en general. Esta situación refleja una carencia estructural de inversión gubernamental en la conservación y manejo de este ecosistema.

Deficiente apropiación de los espacios verdes por parte de la comunidad

La falta de apropiación de las zonas verdes es un problema que refleja las deficiencias de educación y cultura ambiental de la población. Este fenómeno se manifiesta en la apatía y actos de vandalismo que deterioran estas áreas, lo que impide que cumplan su función de mejorar la



calidad de vida de los habitantes. Es común convertir las zonas verdes a pisos duros, depositar en residuos y escombros, colgar objetos sobre los árboles, entre otras acciones que generan daños a la vegetación y que pueden atentar contra su salud.

En general, existe un desconocimiento sobre los beneficios que presta el bosque urbano y la importancia de su cuidado para las generaciones presentes y futuras. Es importante incorporar la educación ambiental desde la infancia y continuar con la sensibilización en diferentes grupos de edad, generando conciencia y cultura hacia el cuidado de las zonas verdes.

Las causas de este problema son:

- Deficiencia en la oferta de programas de educación ambiental relacionada con el bosque urbano y los espacios verdes urbanos.
- Poco conocimiento de los servicios ecosistémicos que presta el bosque urbano para mejorar la calidad ambiental y la población.
- Insuficiente articulación entre las entidades gubernamentales, los grupos cívicos y la comunidad.
- Pocos mecanismos de socialización y comunicación sobre el cuidado del bosque urbano.

Prácticas silviculturales inadecuadas

La aplicación de labores de mantenimiento en árboles urbanos es esencial para mantener las buenas condiciones de salud y garantizar su crecimiento y desarrollo adecuados. Sin embargo, si se realizan de manera incorrecta pueden tener impactos negativos sobre el arbolado.

Por esta razón es fundamental que las labores de mantenimiento se implementen con un enfoque de manejo integrado que considere las necesidades específicas de los árboles y el ecosistema urbano en su conjunto. Esto incluye la formación adecuada de los trabajadores, la planificación cuidadosa de las actividades de mantenimiento y el uso de técnicas y productos que sean amigables con el medio ambiente.

Las intervenciones que afectan comúnmente a los árboles son las siguientes:

- **Selección inadecuada del material vegetal:** es importante que el material que será plantado cumpla con los estándares apropiados de calidad y se encuentre sano. En muchas ocasiones no se cumple con las características requeridas.
- **Plantación en sitios inapropiados:** frecuentemente se plantan especies que no son adecuadas para las condiciones específicas del sitio, lo que genera problemas de adaptación, mantenimiento y convivencia con la infraestructura urbana. Algunos árboles son plantados en sitios no adecuados, debido a que se desconocen las características de las especies, tales como las dimensiones, los requerimientos



ambientales y otras características biológicas. En algunos sitios las condiciones edáficas e hídricas producen estrés hídrico o saturación de humedad que afectan el desarrollo de los árboles. Los espacios para la plantación de los árboles en ocasiones son muy limitados para algunas especies arbóreas de gran porte.

- **Podas inadecuadas:** las podas realizadas de manera incorrecta pueden afectar la integridad estructural de los árboles, disminuir su ciclo de vida y aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades. Además, la eliminación de un porcentaje alto de la copa de un árbol reduce su capacidad para realizar la fotosíntesis, lo que afecta su crecimiento y salud.
- **Intervención a las raíces:** durante la construcción de obras de infraestructura pueden causarse daños a las raíces, lo que afecta la estabilidad y la salud de los árboles.
- **Tratamientos inoportunos:** realizar labores de mantenimiento en épocas inadecuadas del año puede alterar los períodos de crecimiento o la época de reproducción, al generar estrés en los árboles y afectar su desarrollo. Adicionalmente, es común que se presenten problemas de plagas y enfermedades que no son tratados oportunamente.

Las causas de la implementación de las prácticas silviculturales inadecuadas son:

- **Ausencia de unificación de criterios:** diferentes técnicas y/o conocimientos aplicados por los operadores que intervienen el verde de la ciudad, falta de unificación de criterios técnicos y manejo inadecuado de los árboles, que conlleva al mal estado de estos y a su eventual tala.
- **Falta de capacitación al personal operativo:** en muchos casos se realizan labores silviculturales de mantenimiento sin la técnica y experticia que se requiere por parte de los operarios y contratistas.
- **Inexistencia de un plan de manejo del componente arbóreo:** no existe un plan de manejo que garantice la aplicación de las medidas preventivas y correctivas para mejorar la salud de los árboles.

La implementación de prácticas silviculturales inadecuadas tiene efectos negativos para el bosque urbano, tales como el deterioro de la salud de los árboles, el aumento de la frecuencia de las labores de mantenimiento, los conflictos del arbolado con el entorno y el aumento en la frecuencia de caída de ramas y tallos de los árboles, lo que genera graves afectaciones a las personas, vehículos e infraestructura.



Monitoreo deficiente del bosque urbano

En los últimos 20 años, la diversidad de especies en Medellín se ha triplicado, lo que resalta la necesidad de monitorear y evaluar el desarrollo y comportamiento de muchas de ellas. Adicionalmente, el arbolado no recibe la atención necesaria debido a la carencia de diagnósticos fitosanitarios periódicos, lo que aumenta el número de árboles en riesgo que deben ser talados. Es fundamental implementar sistemas de monitoreo y evaluación que permitan analizar el desarrollo y comportamiento de las diferentes especies del bosque urbano, asegurando su sostenibilidad y aportes al entorno.

Mantenimiento insuficiente

La ausencia de un mantenimiento adecuado del bosque urbano tiene consecuencias significativas que afectan tanto la salud de los árboles como la funcionalidad de estos espacios verdes. Este problema está asociado, principalmente, a la falta de planificación que produce los siguientes efectos:

- **Mantenimiento reactivo:** en lugar de aplicar cuidados preventivos, se actúa cuando los árboles presentan daños visibles o riesgos inminentes, lo que incrementa los costos y el esfuerzo requerido.
- **Ausencia de un plan preventivo:** la falta de estrategias específicas para el cuidado de árboles adultos ha generado un aumento significativo en el número de ejemplares en riesgo o muertos durante los últimos años.
- **Respuestas tardías:** muchas intervenciones se realizan fuera de tiempo, dejando a numerosos individuos arbóreos sin atención oportuna.

Deficiencias en investigación

El desconocimiento generalizado de las características, necesidades y comportamiento de las especies del bosque urbano afecta la toma de decisiones informadas y sostenibles. Específicamente, la falta de conocimiento sobre el comportamiento y los beneficios de las especies nativas dificulta su integración en los planes de restauración y arborización urbana, desaprovechando su potencial ecológico y adaptativo.

Cambio ambiental global

Al igual que en otras ciudades del mundo, el bosque urbano en Medellín enfrenta desafíos importantes asociados al cambio ambiental global, que afectan el crecimiento y desarrollo adecuado de la vegetación urbana. Entre estos problemas se destacan los siguientes:



- **Cambio climático:** el aumento de la temperatura urbana, conocido como efecto isla de calor, exacerba el estrés térmico en los árboles, afectando su crecimiento y capacidad para sobrevivir.
- **Estrés hídrico:** el bosque urbano puede sufrir por la falta de agua debido a la compactación del suelo, los cambios en los patrones de precipitación y la competencia con la infraestructura urbana.
- **Contaminación del aire:** la concentración alta de contaminantes atmosféricos, como el ozono y el material particulado, pueden afectar la salud de los árboles y disminuir su capacidad para absorber dióxido de carbono y llevar a cabo los diferentes procesos fisiológicos.
- **Contaminación del suelo:** los suelos pueden estar contaminados con productos químicos, metales pesados y otros residuos, lo que afecta la salud de las plantas y la vida del suelo.
- **Vandalismo:** infortunadamente se presentan casos de vandalismo tales como el retiro de la corteza alrededor del tronco (anillado), la aplicación de sustancias químicas que dañan las raíces o interfieren en la absorción de agua y nutrientes, y clavar objetos como anuncios, cadenas o cables que interfieren con el desarrollo natural.

El deterioro del bosque urbano en Medellín, tanto en cantidad como en calidad, tiene los siguientes efectos:

- **Fragmentación del bosque urbano:** como consecuencia de la pérdida de las zonas verdes, el bosque urbano puede quedar en parches pequeños y aislados lo que dificulta la movilidad de las especies y reduce la biodiversidad.
- **Disminución de los servicios ecosistémicos:** se reducen los beneficios que prestan los espacios verdes para mejorar la calidad ambiental y contribuir a la salud física y mental de la población.
- **Aumento de las zonas de riesgo:** las áreas desprovistas de cobertura vegetal pueden quedar más expuestas a los procesos erosivos, los deslizamientos y las inundaciones.
- **Déficit de espacios verdes urbanos:** la pérdida de cobertura vegetal disminuye el área de las zonas verdes disponibles para el disfrute y los beneficios a la población.



- **Disminución de la calidad de los espacios verdes urbanos:** la alteración de la estructura del bosque urbano afecta su sostenibilidad y la prestación de servicios ecosistémicos.
- **Aumento de la frecuencia del mantenimiento:** como consecuencia del deterioro del bosque urbano, se hace necesario aumentar las prácticas de control de los problemas estructurales y fitosanitarios de los árboles. Esto, a su vez, representa mayor inversión monetaria en estas labores.
- **Disminución de la calidad ambiental:** al disminuirse la cantidad y calidad del bosque urbano, se incrementan la contaminación del aire y las islas de calor, influyendo negativamente en la salud de la población.

La problemática del bosque urbano refleja una interacción compleja de factores que abarcan desde la urbanización no planificada, la falta de educación, la deficiencia presupuestal y la falta de voluntad política. Estas condiciones ocasionan prácticas silviculturales inadecuadas, carencia de mantenimiento y monitoreo y un cumplimiento insuficiente de normativas, lo que resulta en un deterioro continuo de este ecosistema. Adicionalmente, el cambio climático, la contaminación del aire y el vandalismo exacerbaban las dificultades para gestionar adecuadamente el bosque urbano. La falta de investigación y conocimiento específico agravan la situación, impidiendo la implementación de soluciones efectivas.

Superar los problemas del bosque urbano en Medellín requiere un enfoque integral que combine la planificación urbana sostenible, la educación ciudadana, el fortalecimiento de las normativas y su vigilancia, la asignación adecuada de talento humano y recursos financieros y la promoción de investigaciones que respalden una gestión basada en evidencia científica. Solo así será posible garantizar la sostenibilidad y funcionalidad de los espacios verdes como aliados clave frente a los retos sociales y ambientales del Distrito.

8.2. Indicadores para la Gestión Estratégica del Bosque Urbano

Con base en los resultados del diagnóstico y la información recopilada en los talleres con funcionarios de la Secretaría del Medio Ambiente, se obtuvo la calificación de los siguientes indicadores propuestos inicialmente por Clark et al. (1997) y complementados por Kenney et al. (2011) para la planeación y manejo estratégico del bosque urbano. Los valores de los indicadores para Medellín (bajo, medio, bueno u óptimo) están en cursiva y en negrita. Si no existe calificación se debe a que no se cuenta con la información para valorarlo. Si se encuentran dos niveles señalados para el mismo indicador es debido a que se presentan las dos situaciones simultáneamente (Tabla 21).



Tabla 21. Indicadores para la planeación y manejo estratégico del bosque urbano.

Criterio	Indicadores			
	Bajo	Medio	Bueno	Óptimo
Inventario del arbolado urbano	No existe un inventario del arbolado urbano.	Existe un inventario parcial de los árboles en espacios públicos.	Existe un inventario completo de los árboles públicos y un muestreo por parcelas de los árboles privados.	Inventario completo de los árboles públicos y muestreo por parcelas de los árboles privados en un Sistema de Información Geográfica.
Estimación de la cobertura arbórea	No existe.	Análisis visual.	Estimación de la cobertura arbórea utilizando fotos aéreas o imágenes satelitales.	Estimación de la cobertura arbórea utilizando fotos aéreas o imágenes satelitales incluida en un Sistema de Información Geográfica.
Cobertura arbórea relativa ⁽¹⁾	Cobertura existente entre 0% y 25% del deseado.	Cobertura existente entre el 26% y 50% del deseado.	Cobertura existente entre 51% y 75% del deseado.	Cobertura existente entre 76% y 100% del deseado.
Distribución de las especies	Menos de 5 especies dominan la población de los árboles en la ciudad.	Ninguna especie representa más del 20% de la población en la ciudad.	Ninguna especie representa más del 10% en la ciudad.	Ninguna especie representa más del 10% en las comunas.
Conocimiento de la condición de salud y el riesgo de los árboles	Sistema de mantenimiento reactivo, basado en los requerimientos. La condición de salud de los árboles se desconoce.	Condición y riesgo de los árboles se basa en un muestreo por parcelas.	Inventario completo de los árboles, el cual incluye la condición de salud de los árboles.	Inventario completo de los árboles, el cual incluye la condición de salud de los árboles y el riesgo.



Criterio	Indicadores			
	Bajo	Medio	Bueno	Óptimo
Vegetación natural	No existe conocimiento de los árboles en las áreas naturales.	Áreas naturales identificadas en un muestreo.	Las áreas naturales están documentadas.	La estructura y funcionalidad de las áreas naturales está documentadas.
Estructura diamétrica ⁽¹⁾	Cualquier clase diamétrica representa más del 75% de la población de árboles.	Cualquier clase diamétrica representa entre el 50% y 75% de la población de árboles.	Ninguna clase diamétrica representa más del 50% de la población de árboles.	25% de la población de los árboles está en cada una de las cuatro clases diamétricas.
Adaptabilidad de las especies ⁽¹⁾	Menos del 50% de los árboles pertenecen a especies apropiadas para la zona.	50% - 75% de los árboles son de especies apropiadas para la zona.	Más del 75% de las especies son de especies apropiadas para la zona.	Todos los árboles son de especies apropiadas para la zona.
Cooperación interinstitucional	Existe conflicto entre los objetivos de las dependencias y entidades.	Los objetivos son comunes, pero no hay cooperación entre las dependencias y entidades.	Los equipos de las dependencias interactúan de manera informal para lograr objetivos comunes en algunos proyectos.	Implementación de una política distrital formal para el trabajo colaborativo entre las dependencias.
Vinculación de empresas privadas y propietarios de instituciones	No se tiene conocimiento del bosque urbano por parte de los privados.	Materiales educativos y asesoría disponible para propietarios.	Objetivos claros por parte de los privados. Existen incentivos para la conservación del bosque urbano.	Propietarios implementan planes de manejo del bosque urbano.



Criterio	Indicadores			
	Bajo	Medio	Bueno	Óptimo
Cooperación de la industria para el manejo del bosque urbano	No existe cooperación entre las empresas.	Existe cooperación general entre viveros, empresas de mantenimiento de árboles y otros.	Existe cooperación específica entre las empresas para algunos objetivos.	Visión y objetivos compartidos entre las empresas, incluyendo el uso de estándares profesionales y técnicos.
Actividades de la comunidad	No se realizan actividades por parte de la comunidad.	Aislada o número limitado de grupos activos.	Cubrimiento en la ciudad e interacción entre los grupos.	Todas las comunas están organizadas y cooperan entre ellas.
Interacción entre el Distrito-Ciudadanos-Privados	Existen conflictos en los objetivos.	No existe interacción o la interacción es baja.	Cooperación general e informal.	Interacción formal, con un comité y coordinación de funcionarios.
Conocimiento de los beneficios del bosque urbano	Los árboles son vistos como un problema.	Los árboles son reconocidos como importantes para la comunidad.	Los beneficios ambientales, sociales y económicos de los árboles son reconocidos por la comunidad.	El bosque urbano es reconocido como vital para el bienestar ecológico, social y económico de la comunidad.
Cooperación regional	Las comunidades cooperan de manera independiente.	Las comunidades comparten algunos proyectos.	Planeación e implementación de proyectos de manera colaborativa.	Planeación, coordinación y manejo regional.



Criterio	Indicadores			
	Bajo	Medio	Bueno	Óptimo
Plan de Manejo del bosque urbano	No existe.	Existen un plan limitado en su alcance e implementación.	Un plan de manejo de los árboles públicos aprobado e implementado.	Un plan de manejo de los árboles públicos y privados aprobado e implementado, con mecanismos de manejo adaptativo.
Recursos monetarios disponibles	Existen fondos para el manejo reactivo.	Existen fondos para optimizar el bosque urbano existente.	Fondos para proporcionar la ganancia neta de los beneficios del bosque urbano.	Fondos disponibles para la implementación del plan de manejo del bosque urbano.
Servidores del Distrito	No existen.	Equipo multidisciplinario con un número reducido de servidores para atender los requerimientos.	Arboristas certificados y funcionarios capacitados.	Personal idóneo para implementar el plan de manejo del bosque urbano.
Establecimiento, planeación e implementación del bosque urbano	Establecimiento de los árboles solo para un fin determinado.	Establecimiento de los árboles según un plan anual.	Establecimiento de los árboles se realiza de acuerdo con los requerimientos del inventario.	Establecimiento de los árboles se realiza de acuerdo con los requerimientos del inventario y es suficiente para lograr las metas de cobertura arbórea y diversidad de las especies.



Criterio	Indicadores			
	Bajo	Medio	Bueno	Óptimo
Idoneidad del hábitat	Los árboles se plantan sin considerar las condiciones del sitio.	Las especies de los árboles son consideradas según las condiciones del sitio.	Existen las orientaciones para la selección de las especies y el mantenimiento según las condiciones del sitio.	Todos los árboles se plantan en las condiciones del suelo adecuadas que garanticen su crecimiento.
Mantenimiento de los árboles	No existe mantenimiento.	El mantenimiento es reactivo, se hace según los requerimientos.	El mantenimiento es sistemático con ciclos mayores a 5 años.	El mantenimiento es sistemático con ciclos de poda de 5 años. Todos los árboles jóvenes reciben podas estructurales.
Evaluación y manejo de árboles en riesgo	No existe un programa de evaluación y manejo de árboles en riesgo. Sistema de atención reactivo, basado en los requerimientos. La condición de riesgo de los árboles se desconoce.	Evaluación del riesgo basado en muestreo. Atención de los árboles en riesgo según los requerimientos.	Inventario completo con identificación de los árboles en riesgo. Programa de reducción del riesgo, con atención de máximo un mes luego de la confirmación.	Inventario completo con la evaluación del riesgo de los árboles. Programa de reducción del riesgo, con atención de máximo una semana luego de la confirmación.
Políticas de protección de los árboles	No existe una política de protección del bosque urbano.	Existe una política para la protección del bosque urbano público.	Existe una política para la protección del bosque urbano público y privado.	Aplicación de la política de protección de los árboles públicos y privados.
Manejo de las áreas naturales públicas	No hay manejo de las áreas.	Manejo reactivo.	Existe un plan de manejo.	Existe un plan de manejo incluye la sostenibilidad.

(1) No se cuenta con la información para calificar el indicador



Es importante tener en cuenta, además, el indicador de espacios públicos verdes urbanos por habitante, el cual ha sido utilizado ampliamente en varias ciudades de Colombia y del mundo. Según el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos (AMVA, 2007) un valor adecuado debe ser igual o mayor a 10 m²/hab. Medellín contaba con 6,17 m²/hab (categoría moderada) en el año 2006 (AMVA, 2007) y según el estudio del AMVA & Universidad Nacional (2020) en el año 2019 contaba con 4,86 m²/habitante (categoría deficiente). Por lo tanto, el indicador disminuyó 1,31 m²/hab.

Recientemente, Konijnendijk (2021) propuso la regla de 3-30-300 para orientar el diseño de espacios urbanos saludables y sostenibles, la cual recomienda lo siguiente:

- **3 árboles visibles desde la casa:** cada persona debería poder ver al menos tres árboles maduros desde su vivienda.
- **30 % de cobertura arbórea en cada barrio:** los vecindarios deberían tener al menos un 30% de cobertura arbórea para garantizar los beneficios ambientales.
- **300 metros de distancia a un espacio verde:** cada persona debería vivir a no más de 300 metros de un espacio verde accesible, como un parque. Esto asegura acceso directo a áreas para la recreación, ejercicio y relajación.

Actualmente en Medellín no se tiene disponible la información requerida para verificar esta regla, bien sea a escala del distrito, las comunas o los barrios. Sin embargo, se considera que es un tema interesante de investigación aplicada a la planeación y gestión del bosque urbano.

8.3. Estrategias, Objetivos y Acciones

La etapa de planificación del PDSU incluye la propuesta de las estrategias, objetivos y acciones que conducirán al logro de la visión definida para el futuro del bosque urbano en Medellín. Las estrategias brindan las directrices generales para la conservación y gestión del bosque urbano. Los objetivos establecen metas claras y medibles, tales como promover la distribución equitativa de la cobertura arbórea en las comunas, mejorar la salud de la vegetación existente y fomentar la cultura y la participación comunitaria en su cuidado. Y las acciones detallan las actividades concretas necesarias para alcanzar estos objetivos.

Se proponen cinco estrategias:

- Estrategia 1: Gestión Interinstitucional Efectiva
- Estrategia 2: Implementación de Buenas Prácticas Silviculturales
- Estrategia 3: Cultura y Participación Ciudadana
- Estrategia 4: Protección y Seguimiento del Bosque Urbano
- Estrategia 5: Fortalecimiento del Sistema de Información e Investigación

A continuación, se presentan los objetivos y las acciones de cada estrategia.



8.3.1. Estrategia 1. Gestión Interinstitucional Efectiva

Objetivos	Acciones
<p>Objetivo 1.1. Fortalecer la articulación interinstitucional para la gestión del bosque urbano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Socializar el Plan de Silvicultura Urbana (PDSU) al Distrito y a los entes descentralizados. • Comunicar oficialmente a cada dependencia del Distrito sus responsabilidades para el cumplimiento del Plan. • Realizar seguimiento anual a cada dependencia del Distrito sobre el cumplimiento del PDSU.
<p>Objetivo 1.2. Fortalecer la divulgación y cumplimiento de los instrumentos normativos y económicos del manejo del bosque urbano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acoger los lineamientos del Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá vigente, o aquel que lo complemente, modifique o sustituya, contribuyendo a la gestión integral del bosque urbano de Medellín. • Adoptar un mecanismo normativo para el cumplimiento del Plan Distrital de Silvicultura Urbana. • Fortalecer el Comité Interinstitucional de Silvicultura Urbana y Paisajismo como organismo asesor del Distrito de Medellín y de sus entes descentralizados, con el objeto de orientar la gestión del bosque urbano. • Adoptar el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín como instrumento técnico obligatorio que establece los lineamientos de gestión, planeación y manejo de la infraestructura verde. • Gestionar el presupuesto suficiente y adecuado para la gestión del bosque urbano.



8.3.2. Estrategia 2. Implementación de Buenas Prácticas Silviculturales

Objetivos	Acciones
<p>Objetivo 2.1. Diagnosticar y planear el manejo del componente forestal del Distrito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el inventario forestal del Distrito de Medellín, según lo establecido en el documento técnico para la reglamentación del Acuerdo 41 de 2015. • Formular el Plan de Manejo del componente forestal.
<p>Objetivo 2.2. Propender por una adecuada calidad del material vegetal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar las especificaciones técnicas de obligatorio cumplimiento para el suministro del material vegetal al Distrito. • Comunicar oficialmente a las entidades que intervienen el bosque urbano la obligatoriedad de cumplir las especificaciones técnicas para la adquisición del material vegetal. • Exigir la certificación expedida por el vivero del cumplimiento de las especificaciones técnicas. • Hacer seguimiento al cumplimiento de las especificaciones técnicas para asegurar la calidad del material vegetal.
<p>Objetivo 2.3. Intervenir adecuadamente el bosque urbano según lo establecido en el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar que el personal o el equipo interdisciplinario cuenta con la experiencia requerida para la intervención del bosque urbano. • Garantizar el mantenimiento de los árboles durante los primeros cuatro años después de plantados. • Elaborar e implementar el protocolo de manejo integrado de plagas y enfermedades del bosque urbano.
<p>Objetivo 2.4. Elaborar el protocolo para la intervención de los árboles en riesgo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estandarizar la metodología para la intervención de los árboles aprobados para tala por riesgo, incluyendo la socialización a la comunidad de las intervenciones.
<p>Objetivo 2.5. Elaborar un plan de monitoreo de los árboles urbanos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir las especies y las variables a registrar. • Seleccionar la muestra de los árboles a evaluar • Analizar la información y plantear las acciones de mejora. • Elaborar una guía para el manejo de los árboles en las zonas comerciales.



8.3.3. Estrategia 3. Cultura y Participación Ciudadana

Objetivos	Acciones
Objetivo 3.1. Fortalecer la articulación interinstitucional con la comunidad para el cuidado del bosque urbano.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y contactar a diferentes organizaciones ambientales y actores de la comunidad. • Tener en cuenta las propuestas de las organizaciones de base para desarrollar las estrategias educativas.
Objetivo 3.2. Educar a la comunidad sobre el bosque urbano.	<ul style="list-style-type: none"> • Divulgar el PDSU a la comunidad. • Elaborar un Plan de comunicaciones sobre el bosque urbano. • Sensibilizar a la comunidad sobre los beneficios del bosque urbano. • Concientizar a la comunidad sobre la necesidad de intervenir los árboles urbanos. • Fortalecer la cultura ciudadana para el cuidado del bosque urbano.
Objetivo 3.3. Conformar grupos de vigías ambientales en las comunas del Distrito.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y contactar a los voluntarios. • Capacitar a los vigías en las actividades relacionadas con la gestión del bosque urbano. • Programar jornadas de sensibilización.

8.3.4. Estrategia 4. Protección y Seguimiento del Bosque Urbano

Objetivo	Acciones
Objetivo 4.1. Planear el desarrollo urbanístico en armonía con la infraestructura verde.	<ul style="list-style-type: none"> • Divulgar los lineamientos para el diseño y planeación del bosque urbano incluidos en el Manual de Silvicultura urbana y el Manual de Espacio Público de Medellín • Fortalecer la Unidad de Proyectos Estratégicos y de Aplicación Normativa de Departamento Administrativo de Planeación para la revisión del componente verde en todos los proyectos.



Objetivo	Acciones
	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilizar a las curadurías y a control urbanístico, inspecciones, Secretaría de Gobierno, Seguridad y Convivencia sobre la importancia de su papel en la protección del bosque urbano.
<p>Objetivo 4.2. Seguimiento a la cobertura boscosa y las áreas verdes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Actualizar el mapa de Espacios Verdes Urbanos.
	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear periódicamente el Espacio Verde Urbano.
	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar estrategias para la distribución equitativa del bosque urbano.

8.3.5. Estrategia 5. Fortalecimiento del Sistema de Información e Investigación

Objetivo	Acciones
<p>Objetivo 5.1. Fortalecer la plataforma del Sistema del Árbol Urbano (SAU).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Avanzar en la identificación de las especies desconocidas que se encuentran en el Distrito y su ingreso al SAU.
	<ul style="list-style-type: none"> Actualizar y organizar la información de las especies en la plataforma SAU.
	<ul style="list-style-type: none"> Incorporar al sistema de información los datos disponibles de la estimación de los servicios ecosistémicos de los árboles.
<p>Objetivo 5.2. Divulgar las investigaciones y los proyectos sobre el bosque urbano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Crear un banco de datos sobre las investigaciones de utilidad para la gestión del bosque urbano.
	<ul style="list-style-type: none"> Divulgar las investigaciones al público en general.
<p>Objetivo 5.3. Promover el desarrollo de investigaciones prioritarias para la gestión del bosque urbano del Distrito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Promover la investigación sobre temas relacionados con la Silvicultura Urbana.



9. PLAN DE ACCIÓN

El Plan de acción contiene los objetivos, las acciones concretas, los responsables y los productos o metas que se deberán cumplir para el logro de la visión definida para el bosque urbano en Medellín. A continuación, se describen estos componentes para cada una de las estrategias.

Estrategia 1. Gestión Interinstitucional Efectiva

Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/Meta
Objetivo 1.1. Fortalecer la articulación interinstitucional para la gestión del bosque urbano.	Socializar el PDSU al Distrito y a entes descentralizados.	Secretaría de Medio Ambiente (SMA).	Asistencias a taller o reunión.
	Comunicar oficialmente a cada dependencia del distrito sus responsabilidades para el cumplimiento del PDSU.	SMA	Oficio
	Realizar seguimiento anual a cada dependencia del Distrito sobre el cumplimiento del PDSU.	Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo.	Acta del Comité de SUP y presentaciones.
Objetivo 1.2. Fortalecer la divulgación y cumplimiento de los instrumentos normativos y económicos del manejo del bosque urbano.	Acoger los lineamientos del Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá vigente o el que lo complemente, modifique o sustituya, que contribuya a la gestión integral del bosque urbano de Medellín.	Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo	Acta del Comité y presentación.
	Adoptar un mecanismo normativo para el cumplimiento del Plan Distrital de Silvicultura Urbana.	SMA	Decreto.
	Fortalecer el Comité Interinstitucional de Silvicultura Urbana y Paisajismo como organismo asesor del Distrito de Medellín y de sus entes descentralizados, con el objeto	SMA SIGAM	Evento anual del SIGAM.



Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/Meta
	de orientar la gestión del bosque urbano.		
	Adoptar el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín como instrumento técnico obligatorio que establece los lineamientos de gestión, planeación y manejo de la infraestructura verde.	Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo.	Actas de las sesiones del Comité.
	Gestionar el presupuesto suficiente y adecuado para la gestión del bosque urbano.	SMA	Oficio.

Estrategia 2. Implementación de Buenas Prácticas Silviculturales

Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/Meta
Objetivo 2.1. Diagnosticar y planear el manejo del componente forestal del Distrito	Realizar el inventario forestal del Distrito, según lo establecido en el documento técnico para la reglamentación del Acuerdo 41 de 2015.	SMA	Inventario del arbolado urbano.
	Formular el Plan de manejo del componente forestal.	SMA	Plan de manejo del componente forestal.
Objetivo 2.2. Propender por una adecuada calidad del material vegetal.	Elaborar las especificaciones técnicas de obligatorio cumplimiento para el suministro del material vegetal al Distrito.	Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo.	Documento.
	Comunicar oficialmente a las entidades que intervienen el bosque urbano la obligatoriedad de cumplir las especificaciones técnicas para la adquisición del material vegetal.	Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo.	Oficio.
	Exigir la certificación expedida por el vivero del cumplimiento de las especificaciones técnicas.	Secretarios de Despacho, directores o	Certificado.



Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/Meta
		gerentes de las entidades ejecutoras.	
	Hacer seguimiento al cumplimiento de las especificaciones técnicas para asegurar la calidad del material vegetal.	Secretarios de Despacho, directores o gerentes de las entidades ejecutoras.	Oficio o Acta.
Objetivo 2.3. Intervenir adecuadamente el bosque urbano según lo establecido en el Manual de Silvicultura Urbana para Medellín.	Garantizar que el personal o el equipo interdisciplinario cuenta con la experiencia requerida para la intervención del bosque urbano.	Secretarios de Despacho, directores o gerentes de las entidades ejecutoras.	Términos de referencia.
	Garantizar el mantenimiento de los árboles durante los primeros cuatro años después de plantados.	Secretarios de Despacho, directores o Gerentes de las entidades ejecutoras.	Certificado del SAU.
Objetivo 2.4. Formalizar el protocolo para la intervención de los árboles en riesgo	Estandarizar la metodología para la intervención de los árboles aprobados para tala por riesgo (incluir la socialización a la comunidad de las intervenciones a los árboles en riesgo).	Secretarios de Despacho, directores o gerentes de las entidades ejecutoras.	Documento.
Objetivo 2.5. Elaborar un Plan de monitoreo de los árboles urbanos.	Definir las especies y las variables a registrar.	SMA	Documento.
	Seleccionar la muestra de los árboles a evaluar.	SMA	Documento.
	Analizar la información y plantear las acciones de mejora.	SMA	Documento.
	Elaborar una guía para el manejo de los árboles en las zonas comerciales.	Agencia de Paisaje y Patrimonio (APP) con la orientación de SMA, Secretaría de Infraestructura Física (SIF) y AMVA	Documento.



Estrategia 3. Cultura y Participación Ciudadana

Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/ Meta
Objetivo 3.1. Fortalecer la articulación interinstitucional con la comunidad para el cuidado del bosque urbano.	Identificar y contactar a organizaciones ambientales y actores de la comunidad.	SMA y SIF	Base de datos de actores.
	Tener en cuenta las propuestas de las organizaciones de base para desarrollar las estrategias educativas.	SMA y SIF	Documento.
Objetivo 3.2. Educar a la comunidad sobre el bosque urbano.	Divulgar el PDSU.	SMA	Informe de la divulgación.
	Elaborar un Plan de comunicaciones sobre el bosque urbano.	SMA	Plan de comunicaciones.
	Sensibilizar sobre los beneficios del bosque urbano.	Secretarios de Despacho, directores o gerentes de las entidades ejecutoras.	Talleres de sensibilización: 2 talleres anuales.
	Concientizar a la comunidad sobre la necesidad de intervenir los árboles urbanos.	SMA y SIF	Talleres de divulgación: 2 talleres anuales.
	Fortalecer la cultura ciudadana para el cuidado del bosque urbano.	SMA y SIF	Talleres de divulgación: 2 talleres anuales.
Objetivo 3.3. Conformar grupos de vigías ambientales en las comunas del distrito.	Identificar y contactar a los voluntarios.	SMA	Base de datos de los voluntarios. Mínimo 3 vigías por comuna.
	Capacitar a los vigías en las actividades relacionadas con la gestión del bosque urbano.	SMA	Mínimo 2 talleres al año.



Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/ Meta
	Programar jornadas de sensibilización.	SMA y SIF	Mínimo 2 talleres por contrato anual.

Estrategia 4. Protección y Seguimiento del Bosque Urbano

Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/Meta
Objetivo 4.1. Planear el desarrollo urbanístico en armonía con la infraestructura verde.	Divulgar los lineamientos para el diseño y planeación del bosque urbano incluidos en el Manual de Silvicultura urbana y el Manual de Espacio Público de Medellín.	SMA	Sesiones del Comité de Silvicultura.
	Fortalecer la Unidad de Proyectos Estratégicos y de Aplicación Normativa del Departamento Administrativo de Planeación para la revisión del componente verde en todos los proyectos.	Departamento Administrativo de Planeación (DAP)	Documento.
	Sensibilizar a las curadorías y a control urbanístico, inspecciones, Secretaría de Gobierno, Seguridad y Convivencia sobre la importancia de su papel en la protección del bosque urbano.	SMA y DAP	Mínimo un taller o evento anual.
Objetivo 4.2. Seguimiento a la cobertura boscosa y las áreas verdes.	Actualizar el mapa de Espacios Verdes Urbanos	SMA y DAP	Mapa actualizado.
	Monitorear periódicamente el Espacio Verde Urbano.	SMA y DAP	Documento.
	Diseñar estrategias para la distribución equitativa del bosque urbano.	SMA y DAP	Documento.



Estrategia 5. Fortalecimiento del Sistema de Información e Investigación

Objetivo	Acciones	Responsable	Producto/ Meta
Objetivo 5.1. Fortalecer la plataforma del Sistema del Árbol Urbano (SAU).	Avanzar en la identificación de las especies desconocidas que se encuentran en el Distrito y su ingreso al SAU.	SMA y AMVA	Inventario del SAU actualizado.
	Actualizar y organizar la información de las especies en la plataforma SAU.	SMA y AMVA	Inventario del SAU actualizado.
	Incorporar al sistema de información los beneficios ecosistémicos de los árboles que se tienen disponibles.	SMA y AMVA	Beneficios de los árboles publicados.
Objetivo 5.2. Divulgar las investigaciones y los proyectos sobre el bosque urbano.	Crear un banco de datos sobre las investigaciones de utilidad para la gestión del bosque urbano.	SMA	Banco de investigaciones y proyectos.
	Divulgar y promover la existencia de las investigaciones en un medio de fácil consulta.	SMA y SIF	Banco de investigaciones y proyectos publicado.
Objetivo 5.3. Promover el desarrollo de investigaciones prioritarias para la gestión del bosque urbano del Distrito.	Promover la investigación sobre temas relacionados con la Silvicultura Urbana.	Comité de Silvicultura Urbana y Paisajismo.	Actas de reunión. Documento de divulgación.



10. AGENDA DE INVESTIGACIÓN

La investigación sobre el bosque urbano es esencial para generar conocimiento que maximice sus beneficios sociales, ambientales y económicos, minimice los riesgos para la población y garantice su sostenibilidad en el tiempo. A continuación, se presentan algunos temas de investigación que fueron propuestos durante los talleres con los diferentes actores que participaron en la formulación del PDSU.

Los proyectos se clasificaron en los siguientes tópicos: selección de las especies, propagación, establecimiento, mantenimiento, manejo fitosanitario, manejo de árboles en riesgo, trasplantes, ecología y servicios ecosistémicos. Y se asignaron en tres categorías de prioridad: alta, media y baja. Es de anotar que los temas propuestos pueden cambiar según los requerimientos que surjan en el tiempo (Tabla 22).

Tabla 22. Agenda de Investigación.

Proyecto	Alta	Media	Baja
Selección de especies			
Descripción de especies propuestas para la ciudad		X	
Criterios de selección de las especies según las condiciones del sitio		X	
Selección de especies resistentes al cambio climático	X		
Propagación			
Evaluación de sistemas de propagación de árboles		X	
Elaboración de protocolos de propagación para especies urbanas		X	
Evaluación de recipientes para el establecimiento en vivero			X
Establecimiento			
Monitoreo y seguimiento de las plantaciones realizadas		X	
Impacto de las micorrizas en el crecimiento y desarrollo de los árboles	X		
Efecto de la aplicación de hidro-retenedores en diferentes especies, condiciones del suelo y épocas del año	X		
Análisis de diferentes tipos de contenedores para la plantación			X
Análisis de diferentes sistemas de riego		X	



Proyecto	Alta	Media	Baja
Mantenimiento			
Impacto de las podas en las condiciones de salud de los árboles		X	
Efectos de la aplicación de material chipecado en la salud de los árboles		X	
Manejo de epífitas y parásitas de los árboles		X	
Manejo fitosanitario			
Estimación de la supervivencia/mortalidad de los árboles plantados	X		
Identificación de plagas y enfermedades	X		
Causas del deterioro y mortalidad de árboles y palmas en Medellín	X		
Diagnóstico del estado fitosanitario del bosque urbano en Medellín	X		
Manejo integrado de plagas y enfermedades de los árboles y palmas	X		
Requerimientos nutricionales de los árboles urbanos	X		
Evaluación de los factores abióticos que afectan la salud del bosque urbano	X		
Efectividad de los tratamientos aplicados a árboles con deterioro	X		
Manejo de árboles en riesgo			
Evaluación de las técnicas de diagnóstico de árboles en riesgo	X		
Evaluación de la efectividad de los tratamientos a los árboles en riesgo	X		
Trasplantes			
Comportamiento de diferentes especies al trasplante	X		
Ecología			
Seguimiento fenológico de las especies		X	
Evaluación de las tasas de crecimiento de las especies urbanas		X	
Identificación de especies resistentes al cambio climático	X		
Adaptación de las especies al cambio climático	X		
Análisis de vulnerabilidad de especies al cambio climático	X		
Adaptación de las especies a la contaminación del aire		X	
Interacciones bióticas entre la flora y la fauna		X	
Tolerancia al estrés hídrico de especies arbóreas y su relación con rasgos funcionales		X	



Proyecto	Alta	Media	Baja
Servicios ecosistémicos			
Efectos del bosque urbano en la salud humana	X		
Oferta y uso de recursos del bosque urbano para la fauna	X		
Evaluación de los servicios ecosistémicos de las epífitas de la ciudad			X
Evaluación de la contribución del arbolado urbano a la mitigación del efecto isla de calor urbano	X		
Evaluación de la regla de los espacios verdes 3-30-300	X		



BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Medellín. (2011a). *Árboles nativos y ciudad. Aportes a la silvicultura urbana de Medellín*. Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2011b). *BIO 2030 Plan Director Medellín, Valle de Aburrá*. Mesa Editores.
- Alcaldía de Medellín. (2014a). *Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín*. Acuerdo 48 de 2014. Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2014b). *Propuesta para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Medellín*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2021). *Plan de Acción Climática Medellín 2020–2050*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín, 2023. Sala de prensa. Consultado en <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/el-distrito-reitera-recomendaciones-para-la-proteccion-de-las-reservas-naturales-y-evitar-incendios-forestales/>
- Alcaldía de Medellín y Universidad Nacional de Colombia. (2017). *Proyecto piloto para la conectividad ecológica de los corredores verdes urbanos del Municipio de Medellín. Fase 1*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín, Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia & Universidad EIA. (2019). *Estrategia para la Valoración ecológica, social y económica de servicios ecosistémicos para el municipio de Medellín*.
- Álvarez, L.A. (2014). *Metropolizaciones Colombia-Chile: Experiencias de Bogotá, Medellín, Santiago y Concepción*. Medellín.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2007). *Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2010). *Atlas del Área metropolitana del Valle de Aburrá*. Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2018). *Plan de Acción ante el Cambio y la Variabilidad Climática del Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2020). *Estamos en temporada de aves migratorias en el Valle de Aburrá*. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/estamos-en-temporada-de-aves-migratorias-en-el-valle-de-aburra>.



- Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Escuela de Ingeniería de Antioquia, & Universidad Nacional de Colombia. (2010). *Evaluación y cuantificación de la muerte súbita de árboles en las zonas verdes urbanas del Valle de Aburrá*.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá, & Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Aunar esfuerzos técnicos y económicos para el desarrollo e implementación de un plan de manejo integral para el arbolado urbano del Valle de Aburrá con énfasis en intervenciones para el control de la muerte súbita*.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corantioquia y Cornare. (2018). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá. Medellín.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional de Colombia. (2020). *Análisis de la Conectividad Ecológica Funcional y Estructural en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín
- Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162, 167-177.
- Betancur, J. (2012). Intervención del río Medellín: la Sociedad de Mejoras Públicas y la Administración Municipal de Medellín, 1940-1956. *Revista de Historia Regional y Local*, 4(8), 238-274.
- Brandt, L. A., Lewis, A. D., Scott, L., Darling, L., Fahey, R. T., Iverson, L., ... & Swanston, C. W. (2017). Chicago Wilderness region urban forest vulnerability assessment and synthesis: a report from the Urban Forestry Climate Change Response Framework Chicago Wilderness pilot project. *Gen. Tech. Rep. NRS-168. Newtown Square, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station*. 142(168) 1-142.
- Bronwyn, R., Fortin, M.J., & Fall, A. (2011). Connectivity for conservation: a framework to classify network measures. *Concepts & Synthesis*, 847-858.
- Clark, J. R., Matheny, N. P., Cross, G., & Wake, V. (1997). A model of urban forest sustainability. *Arboriculture & Urban Forestry*, 23(1), 17-30.
- Corantioquia, Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Cornare. (2018). *Plan de ordenación y manejo de la Cuenca del Río Aburrá*.
- DANE. (2022). *La información del DANE en la toma de decisiones regionales*. Bogotá, Colombia.
- Dobbs, C., Martínez-Harms, M. J., & Kendal, D. (2017). Ecosystem services. In *Routledge handbook of urban forestry* (pp. 51-64). Routledge.
- Empresa de Desarrollo Urbano. <https://www.edu.gov.co/> Consultado en noviembre de 2024.
- EMVARIAS (2024). <https://www.emvarias.com.co/emvarias> Consultado en noviembre de 2024.



- Escobedo, F. J., Kroeger, T., & Wagner, J. E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2078-2087.
- Esperón-Rodríguez, M., Rymer, P. D., Power, S. A., Challis, A., Marchin, R. M., & Tjoelker, M. G. (2020). Functional adaptations and trait plasticity of urban trees along a climatic gradient. *Urban Forestry & Urban Greening*, 54, 126771.
- Esperón-Rodríguez, M., Tjoelker, M. G., Lenoir, J., Baumgartner, J. B., Beaumont, L. J., Nipperess, D. A., ... & Gallagher, R. V. (2022). Climate change increases the global risk to urban forests. *Nature Climate Change*, 12(10), 950-955.
- FAO. (2016). *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. Roma, FAO.
- Fisher, J., & Lindenmayer, D. (2007). Modificación del paisaje y fragmentación. *Ecología Global y Biogeografía*, 265-280.
- Galpern, P. (2011). *Modelling landscape connectivity for highly mobile terrestrial animals: a continuous and scalable approach*. University of Manitoba, Winnipeg.
- Giraldo, J., Hermelín, M., & Restrepo, C. (2010). *Medellín, Medio Ambiente Urbanismo Sociedad*. Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- González, L.F. (2007). *Medellín, los orígenes y la transición a la modernidad: crecimiento y modelos urbanos 1775-1932*. Medellín.
- González, L.F. (2014). *Pedro Nel Gómez: El maestro, arquitecto, urbanista, paisajista*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Herrera, M. (2013). *Plantas ornamentales de Medellín*. Universidad Nacional de Colombia
- Hirabayashi, S. (2013). *i-Tree Eco precipitation interception model descriptions*. US Department of Agriculture Forest Service: Washington, DC, USA, 1, 0-21.
- Ibáñez, S., Gisbert, J.M., & Moreno, H. (2011). *Entisoles*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12883/entisoles.pdf?sequence=3>
- Inland Urban Forest Council. (2016). *Urban Forest Management Plan Toolkit*. <https://ufmptoolkit.net/>
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia*. Bogotá.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). *Informe del estado del medio ambiente y de los recursos renovables*. Bogotá.



- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2021). Guía para el cálculo de normales climáticas. Aplicación al cálculo de las normales climatológicas estándar para el periodo 1991-2020.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales & Universidad Nacional de Colombia. (2018). *La variabilidad y el cambio climático en Colombia*. Bogotá.
- IPCC. (2008). *Cambio climático 2007. Informe de Síntesis*. Ginebra.
- Jaramillo, D. (2014). *El suelo: origen, propiedades, espacialidad*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias, Escuela de Geociencias.
- Jardín Botánico de Medellín. (2023). *Jardines: un recorrido por las especies ornamentales de ciudad*. Jardín Botánico de Medellín.
- Jardín Botánico de Medellín. *Jardín Botánico de Medellín*. Obtenido de: <https://www.botanicomedellin.org/conocenos/historia/>
- Kenney, W. A., Van Wassenaeer, P. J., & Satel, A. L. (2011). Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. *Arboriculture & Urban Forestry*, 37(3), 108-117.
- Konijnendijk, C. (2021). The 3-30-300 rule for urban forestry and greener cities. *Biophilic Cities Journal*, 4(2), 2.
- Lechner, A., & Doerr, V. (2015). A framework for incorporating fine-scale dispersal behaviour into biodiversity conservation planning. (T.U. Queensland, Ed.) *Landscape and Urban Planning*, 141, 11-23.
- Martínez, S., Ávila, G., & Roselló, E. (2011). Evaluación de los cambios en la conectividad de los bosques. *Montes* (106), 15-21.
- Mayorga, R., Hurtado, G. & Benavides, H. (2011). *Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística*. (IDEAM, Ed.) Bogotá.
- Molina, D. (2015). *Los árboles se toman la ciudad. El proceso de modernización y la transformación del paisaje en Medellín*. Editorial Universidad de Antioquia.
- McRae, B. H., Hall, S. A., Beier, P., & Theobald, D. M. (2012). Where to restore ecological connectivity? Detecting barriers and quantifying restoration benefits. *PloS One*, 7(12), e52604.
- McRae, B., Dikson, B., Keitt, T., & Shah, V. (2008). Uso de la teoría de circuitos para modelar la conectividad en ecología, evolución y conservación. *Ecología*, 10(89), 2712-2724.



- Miller, R. W., Hauer, R. J., & Werner, L. P. (2015). *Urban forestry: planning and managing urban green spaces*. Waveland press.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). Resolución 0532 de 2005. Por la cual se establecen requisitos, términos, condiciones y obligaciones, para las quemas abiertas controladas en áreas rurales en actividades agrícolas y mineras.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). *Plan Nacional para la Prevención, el Control y Manejo de las Especies Introducidas Trasplantadas e Invasoras*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). Resolución 0126 de 2024. Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica continental y marino-costera de Colombia.
- Moreno, F. & Hoyos, C. (Eds.). (2015). *Guía para el manejo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional de Colombia.
- Naranjo G. & Villa, M. (1997). *Entre Luces y Sombras-Medellín: Espacio y políticas Urbanas*. (Región, Ed.)
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Doyle, M., McGovern, M., & Pasher, J. (2018). Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 40-48.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París. 29. Paris. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- Orlandini, S., Vanos, J. K., Matzarakis, A., Massetti, L., & Petralli, M. (2017). Urban forestry and microclimate. In *Routledge Handbook of Urban Forestry* (pp. 96-111). Routledge.
- Pulsford, I., Lindenmayer, D., Wyborn, C., & Laushe, B. (2015). *Gobernanza y Gestión de áreas protegidas*. Universidad del Bosque
- Restrepo H., Moreno, F. & Hoyos, C. (2015). Incidencia del deterioro progresivo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá, Colombia. *Colombia Forestal*, 18(2), 225-240.
- Restrepo-Betancur, L. F., Peña-Serna, C., & Martínez-González, M. F. (2019). Cambio climático en la ciudad de Medellín-Colombia, en un periodo de cincuenta años (1960-2010). *Dyna*, 86(209), 312-318.
- Sánchez, J. A. & Rubiano, Y. (2015). Procesos específicos de formación en Andisoles, Alfisoles y Ultisoles en Colombia. *Revista EIA*: 85-97.



- Santamour, F. (1990). Trees for Urban Planting: Diversity, Uniformity and Common Sense. *Proceedings of the 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance*. 7:57-65.
- Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. (2015). *Manual de Silvicultura Urbana para Medellín - Gestión, planeación y manejo de la infraestructura verde*. Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín.
- Svendsen, E.S., Campbell, L.K., Fisher, D.R., Connolly, J.J., Johnson, M.L., Sonti, N.F., Locke, D.H., Westphal, L.M., LeBlanc Fisher, C., Grove, J.M. and Romolini, M., 2016. *Stewardship mapping and assessment project: a framework for understanding community-based environmental stewardship*. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.
- U.S. Department of Agriculture - USDA. (12 de enero de 2024). i-Tree Tools. Servicio Forestal de los Estados Unidos. <https://research.fs.usda.gov/products/dataandtools/tools/i-tree>
- Wolf, K. L., Lam, S. T., McKeen, J. K., Richardson, G. R., van Den Bosch, M., & Bardekjian, A. C. (2020). Urban trees and human health: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4371.