



# PROGRAMA DE MEJORAMIENTO

DE LOS ELEMENTOS NATURALES DEL  
ESPACIO PÚBLICO Y ARBOLADO URBANO

CABECERA URBANA DE  
**Guadalajara de Buga**  
VALLE DEL CAUCA





## **PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LOS ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO Y ARBOLADO URBANO**

Convenio 141 de 2020, suscrito entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y el Centro de Investigaciones Territorio, Construcción y Espacio (CITCE) de la Universidad del Valle

Agosto, 2022

### **EQUIPO DE TRABAJO – UNIVERSIDAD DEL VALLE**

Kimmel Chamat - Director del Proyecto	Equipo gráfico:
Ricardo Hincapié - Director del CITCE	Gustavo Salazar Cosme, Johann García,
Robert Tulio González - Componente Ambiental	María de los Ángeles Tiria, Natalia Hernández,
Luis Euseppe Ortiz – Censo Arbóreo y SIG	Equipo de apoyo: Dania Ramos, Ana María
Ramiro Bonilla - Componente Urbano	Hincapié, Enzo Jaramillo, Arantza Castellanos,
Stella Herrera – Componente de Paisaje	Juan Daniel García.
Paola Ortiz - Componente de Paisaje	Equipo administrativo:
Carlos Valencia - Fotografías	Melina Cruz, Leidy Prado, Meliza Montaña

### **EQUIPO DE SUPERVISIÓN - CVC**

Arelix Ordoñez – Supervisora – Grupo de Gestión de Riesgo y Cambio Climático  
Gabriel Fernández – Grupo de Gestión Forestal Sostenible  
Andrés Trujillo – Grupo de Gestión de Riesgo y Cambio Climático  
Carmen Liliana Arenas - Grupo de Sistemas de Información Ambiental



# PRESENTACIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y el Centro de Investigaciones Territorio, Construcción y Espacio (CITCE) de la Universidad del Valle, se complacen en presentar el Programa de Mejoramiento de los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) y el Arbolado Urbano para la cabecera urbana del municipio de Guadalajara de Buga. La planificación del espacio público natural es un componente esencial del proceso de ocupación del territorio, que permite garantizar la protección y recuperación de los ecosistemas que soportan la vida para el bienestar de las generaciones presentes y futuras. Este programa de mejoramiento desarrolla lineamientos para la planificación, el diseño y la gestión del espacio público bajo un enfoque ecológico y participativo, que permita aprovechar la riqueza ambiental del territorio para construir paisajes urbanos saludables y resilientes ante los desafíos del siglo XXI.



# CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	7
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>I. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
1.1. DESARROLLO SOSTENIBLE .....	6
1.2. URBANISMO ECOLÓGICO .....	14
1.3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	18
<b>2. MARCO JURÍDICO</b> .....	25
2.1. MARCO POLÍTICO NACIONAL .....	26
2.2. MARCO POLÍTICO REGIONAL .....	31
2.3. MARCO NORMATIVO .....	31
2.4. MARCO DE PLANIFICACIÓN .....	37
<b>3. DIAGNÓSTICO</b> .....	41
3.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO .....	43
3.2. COMPONENTE AMBIENTAL .....	44
3.3. COMPONENTE URBANO .....	62
3.4. COMPONENTE DE PAISAJE .....	72
3.5. CENSO ARBÓREO .....	84
3.6. ANÁLISIS DE ISLAS DE CALOR URBANO (ICU) .....	98

<b>4. OBJETIVOS, LÍNEAS ESTRATÉGICAS Y METAS</b> .....	105
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	106
4.2. LÍNEA ESTRATÉGICA 1. PRESERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO (ENEP) .....	107
4.3. LÍNEA ESTRATÉGICA 2. GESTIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	110
4.4. LÍNEA ESTRATÉGICA 3. ARTICULACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO CON LA GESTIÓN DEL RIESGO Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	114
<b>5. LINEAMIENTOS</b> .....	117
5.1. EL CENTRO URBANO EN EL CONTEXTO DEL BOSQUE SECO TROPICAL ...	118
5.3. SELECCIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS .....	128
5.4. CONECTIVIDAD URBANO-RURAL .....	140
5.5. ESTRUCTURA ECOLÓGICA URBANA .....	144
5.6. ÁREAS DEL SISTEMA OROGRÁFICO .....	156
5.7. ÁREAS DEL SISTEMA HÍDRICO .....	162
5.8. ÁREAS DEL SISTEMA DE ENCUENTRO Y RECREACIÓN.....	175
5.9. ÁREAS DEL SISTEMA DE MOVILIDAD .....	180
5.10. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE.....	194
<b>CONCLUSIONES</b> .....	215
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	218

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contribución del Programa de Mejoramiento a los ODS .....	13
Figura 2. Elementos Constitutivos del Espacio Público .....	36
Figura 3. Localización del Municipio de Guadalajara de Buga.....	42
Figura 4. Contexto Ambiental del Municipio .....	48
Figura 4. Contexto Ambiental del Municipio .....	48
Figura 5. Contexto Ambiental de la Cabecera Urbana .....	52
Figura 6. Localización de Áreas ENEP en la Cabecera Urbana.....	55
Figura 7. Áreas ENEP. Sector Occidental Río Guadalajara .....	56
Figura 8. Áreas ENEP. Sector Oriental Río Guadalajara.....	57
Figura 9. Áreas ENEP. Acequia Chambimbal .....	58
Figura 10. Áreas ENEP. Quebradas Honda y Lechugas .....	59
Figura 11. Áreas ENEP. Quebrada Honda y Barrio Santa Rita .....	60
Figura 12. Análisis del Tejido Urbano .....	63
Figura 13. Análisis del Tejido Urbano .....	65
Figura 14. Localización Parques y Zonas Verdes Públicos en la Cabecera Urbana .....	67
Figura 15. Análisis del Espacio Público .....	69
Figura 16. Análisis del Espacio Público 2 .....	70
Figura 17. Localización de las Unidades de Paisaje.....	73
Figura 18. Arquitectura del Centro Histórico .....	77
Figura 19. Parques del Centro Histórico.....	79
Figura 20. Parque José María Cabal .....	83
Figura 21. Familias Botánicas Representativas en la Cabecera Urbana .....	86
Figura 22. Distribución Espacial de la Cobertura Arbórea.....	89
Figura 23. Indicador Árboles por Hectárea.....	91

Figura 24. Indicador Árboles por Hectárea en la Vías Principales .....	93
Figura 25. Indicador Habitantes por Árbol (Comuna).....	95
Figura 26. Indicador Habitantes por Árbol (Barrio) .....	97
Figura 27. Temperatura en Superficie en la Cabecera Urbana .....	101
Figura 28. Islas de Calor Urbano en la Cabecera Urbana .....	103
Figura 29. Etapas Tempranas de la Sucesión del Bosque .....	123
Figura 30. Etapas Secundarias de la Sucesión del Bosque.....	125
Figura 31. Contexto Ambiental de la Cabecera Urbana .....	141
Figura 32. Elementos de la Estructura Ecológica Urbana .....	145
Figura 33. Calles Verdes – Propuesta General .....	149
Figura 34. Calles Verdes – Sector Centro .....	150
Figura 35. Calles Verdes – Sector Norte .....	151
Figura 36. Calles Verdes – Sector Centro Oriente .....	152
Figura 37. Calles Verdes – Sector Sur Occidente.....	153
Figura 37. Calles Verdes – Sector Sur Oriente .....	154
Figura 38. Contexto Ambiental de la Cabecera Urbana .....	157
Figura 39. Tipos de Siembra de Acuerdo a las Necesidades de la Cuenca .....	159
Figura 40. Plantar Árboles en Zanjas De Infiltración.....	160
Figura 41. Efecto de las Zanjas de Infiltración .....	161
Figura 42. Localización de Zonas Verdes y Áreas ENEP en la Cabecera Urbana .....	163
Figura 43. Diseño Tradicional de Drenaje Urbano. Río Isar, Alemania .....	165
Figura 44. Diseño Natural de Drenaje Urbano. Quebrada Chesapeake, EE.UU. ....	165
Figura 45. Integración del Curso de Agua en el Espacio Público.....	166
Figura 46. Zonificación del Área Forestal Protectora .....	168
Tabla 34. Tipologías, Dimensiones y Características de las Calles.....	181
Figura 47. Calle Local Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	182
Figura 48. Calle Local Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual .....	183
Figura 49. Calle Local Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto .....	183
Figura 50. Calle Local Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	184
Figura 51. Calle Local Tipo 2 – Fotografía de la Situación Actual .....	185



Figura 52. Calle Local Tipo 2 – Fotomontaje del Diseño Propuesto.....	185
Figura 53. Calle Local Tipo 3 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	186
Figura 54. Calle Local Tipo 3 – Fotografía de la Situación Actual .....	187
Figura 55. Calle Local Tipo 3 – Fotomontaje del Diseño Propuesto.....	187
Figura 56. Calle Local Tipo 4 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	188
Figura 57. Calle Local Tipo 4 – Fotografía de la Situación Actual .....	189
Figura 58. Calle Local Tipo 4 – Fotomontaje del Diseño Propuesto.....	189
Figura 59. Vía Colectora Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	190
Figura 60. Vía Colectora Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual .....	191
Figura 61. Vía Colectora Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto .....	191
Figura 62. Vía Colectora Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	192
Figura 63. Vía Arterial - Axonometría y Sección de Propuesta .....	193
Figura 64. Modelo Conceptual de Drenaje Urbano a Través de SUDS.....	195
Figura 65. Alternativas de Implementación de SUDS en el Espacio Público .....	201
Figura 66. Procesos del Ciclo del Agua Proporcionados por los SUDS.....	201
Figura 67. Pavimentos Permeables - Especificaciones Técnicas.....	205
Figura 68. Sistemas de Bioretención - Especificaciones Técnicas .....	207
Figura 69. Sistemas de Infiltración - Especificaciones Técnicas .....	209
Figura 70. Humedales Artificiales - Especificaciones Técnicas.....	211
Figura 71. Cunetas Verdes - Especificaciones Técnicas.....	213

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de la Política de Gestión Ambiental Urbana (PGAU) .....	27
Tabla 2. Indicadores de índice de calidad ambiental urbana .....	29
Tabla 3. Marco Jurídico del Espacio Público en Colombia en el Ámbito Nacional.....	35
Tabla 4. Metas Regionales Asociadas al Espacio Público .....	38
Tabla 5. Datos Básicos de Guadalajara de Buga.....	43
Tabla 6. Ecosistemas Presentes en la Cabecera Municipal .....	46
Tabla 7. Listado de Humedales en la Cuenca del Río Guadalajara.....	50
Tabla 8. Clasificación de las Áreas ENEP en la Cabecera Urbana .....	54
Tabla 9. Condición del Arbolado en la Cabecera Urbana .....	84
Tabla 10. Listado de las 40 Especies más Abundantes en la Cabecera Urbana.....	87
Tabla 11. Indicador Árboles por Hectárea por Comunas .....	90
Tabla 12. Líneas Estratégicas y Objetivos Específicos .....	106
Tabla 13. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 1 .....	107
Tabla 14. Acciones, Indicadores y Metas del Objetivo Específico 1 .....	108
Tabla 15. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 2 .....	109
Tabla 16. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 3 .....	109
Tabla 17. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 2.....	110
Tabla 18. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 3 .....	111
Tabla 19. Acciones, Indicadores y Metas del Objetivo Específico 5 .....	112
Tabla 20. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 6 .....	113
Tabla 21. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 3.....	114
Tabla 22. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 7 .....	115
Tabla 23. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 8 .....	115
Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) .....	130
Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) .....	131

Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) .....	132
Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) .....	133
Tabla 25. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m).....	134
Tabla 25. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m).....	135
Tabla 25. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m).....	136
Tabla 26. Listado de Especies de Talla Alta (15-25 m) .....	137
Tabla 26. Listado de Especies de Talla Alta (15-25 m) .....	138
Tabla 27 Listado de Especies de Talla Muy Alta (25-65 m).....	139
Tabla 28. Síntesis de la Estrategia de Conectividad Urbano-Rural .....	143
Tabla 29. Clasificación de Áreas ENEP del Sistema Hídrico.....	162
Tabla 35. Líneas Estratégicas y Objetivos Específicos de los SUDS.....	194
Tabla 36. Fuentes de Contaminación Difusa en Áreas Urbanas.....	197
Tabla 37. Beneficios Potenciales en Calidad de Vida de los SUDS .....	199
Tabla 38. Árboles - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento .....	202
Tabla 39. Especies de Bosque Seco Tropical con Mayor Escurrimiento Evitado .....	203
Tabla 40. Especies de Bosque Seco Tropical con Menor Escurrimiento Evitado .....	203
Tabla 41. Pavimentos Permeables - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento .....	205
Tabla 42. Sistemas de Bioretención - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento .....	207
Tabla 43. Sistemas de Infiltración - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento.....	209
Tabla 44. Humedales Artificiales - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento .....	211
Tabla 45. Sistemas de Transporte - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento.....	213



# INTRODUCCIÓN

La calidad de vida urbana depende en gran medida de la calidad, cantidad y distribución del sistema de espacio público, incluyendo parques, plazas y zonas verdes, pero también calles locales y vías urbanas donde se desarrolla gran parte de la vida social. El espacio público es el lugar de encuentro e integración social por excelencia y, como tal, constituye un patrimonio colectivo de los entornos urbanos en sus diferentes escalas (parques de manzana, parques de barrio, parques urbanos, parques regionales y nacionales). Al igual que los parques, las calles son definitorias de la vida urbana como lugares de movilidad y permanencia. El espacio público es también un indicador de equidad social, ya que los ciudadanos de diferentes condiciones sociales tienen libre acceso a lugares de recreación, deporte y esparcimiento

Dentro del sistema de espacio público, los elementos naturales (ríos, quebradas, humedales, bosques, arbolado urbano, zonas verdes) son fundamentales, porque brindan múltiples beneficios que determinan la calidad de vida urbana: mejoran la calidad del aire, purifican y regulan el agua, reducen las altas temperaturas, mitigan el ruido, estimulan la actividad física, ayudan a construir comunidad y sentido de lugar. Un número creciente de estudios demuestra los beneficios para la salud humana asociados al contacto diario con elementos naturales: relajación psicológica, alivio del estrés, reducción de la depresión, tasas más bajas de morbilidad y mortalidad (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Reconociendo la importancia de la naturaleza en el espacio público, este Programa de Mejoramiento desarrolla lineamientos para el manejo adecuado de los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) y el Arbolado Urbano en la cabecera urbana de Guadalajara de Buga. Los ENEP son aquellos componentes del sistema de espacio público que están asociados con la protección y conservación de los sistemas hídrico y orográfico, así como áreas de especial interés ambiental, científico y paisajístico. Además, se presentan lineamientos generales para el manejo de áreas del sistema de encuentro y recreación (parques, plazas, zonas verdes) y áreas del sistema de movilidad. El Programa de Mejoramiento adopta un enfoque ecológico (integrando las funciones urbanas con los ecosistemas y su biodiversidad) y participativo (promoviendo la colaboración entre instituciones, comunidades y sectores productivos). De esta manera, se construye una visión a futuro del espacio público en la cual los elementos naturales desempeñan un papel fundamental para mejorar la calidad de vida urbana y avanzar hacia un desarrollo sostenible.

En el capítulo 1, se establece el marco teórico que orienta el Programa de Mejoramiento. El marco teórico articula los discursos del desarrollo sostenible, el urbanismo ecológico y los servicios ecosistémicos para crear un enfoque de diseño socio-ecológico del espacio público. El objetivo de este enfoque de diseño es garantizar que las acciones del programa estén encaminadas a mejorar la calidad de vida de la comunidad, al tiempo que se restaura el hábitat para la biodiversidad y se optimiza la provisión de servicios ecosistémicos.

El capítulo 2 presenta un mapa jurídico que regula el espacio público natural en Colombia y el Valle del Cauca. Este capítulo es crucial para el éxito del Programa de Mejoramiento, ya que proporciona una comprensión detallada de las regulaciones legales, planes y políticas que rigen el espacio público natural. El mapa jurídico orienta la definición de objetivos y la planificación de acciones, asegurando así que el programa se ajuste a la normativa vigente

El capítulo 3 presenta un diagnóstico del municipio, abarcando sus componentes ambientales, urbanos y paisajísticos, y prestando especial atención al censo arbóreo de la cabecera urbana. A través de este análisis detallado, se obtiene una comprensión precisa del estado actual del espacio público natural, lo cual permite identificar oportunidades y desafíos para la planificación, diseño y gestión de los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) y el arbolado urbano.

El capítulo 4 desarrolla los lineamientos para la planificación, diseño y gestión de los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) y el arbolado urbano. En este sentido, se establecen criterios específicos para la gestión integrada del sistema de espacio público, incluyendo las áreas del sistema orográfico, hídrico, de movilidad y de encuentro y recreación. Como complemento, se desarrollan lineamientos transversales para la gestión sostenible del agua en el espacio público y el fortalecimiento de la gobernanza ambiental, con el fin de lograr objetivos comunes a través de una gestión participativa y coordinada.

Este Programa de Mejoramiento es una guía práctica para la planificación, el diseño y la gestión de los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) y el Arbolado Urbano. A través de este programa, se ofrece una hoja de ruta clara para mejorar el Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU) en el componente del espacio público y avanzar hacia los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). En consecuencia, el programa proporciona un recurso importante para el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y los planes de desarrollo de Guadalajara de Buga, al permitir la incorporación de objetivos ambientales en la planificación, diseño y gestión del espacio público.





# I. MARCO TEÓRICO

El marco teórico articula los discursos de la sostenibilidad urbana, el urbanismo ecológico y los servicios ecosistémicos, para construir un enfoque de diseño socio-ecológico del espacio público. El desarrollo sostenible toma como base los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2015) y se complementa con el enfoque de sostenibilidad territorial (Magnaghi, 2000). Desde el urbanismo ecológico, se definen estrategias y acciones específicas sobre el espacio público para optimizar su potencial de proveer servicios ecosistémicos a través de la biodiversidad. Con los servicios ecosistémicos se identifican estos beneficios y se permite su evaluación cuantitativa y cualitativa. A partir de estos conceptos, se define el espacio público socio-ecológico como el diseño de espacio que proporciona beneficios a las personas (recreación, movilidad, esparcimiento) y al ecosistema local de forma integrada y no conflictiva.

## **I.1. DESARROLLO SOSTENIBLE**

Los discursos de la sostenibilidad surgen desde la segunda mitad del siglo XX como respuesta a los problemas globales y locales asociados a la degradación ambiental, el cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales (Paul, 2008). El desarrollo sostenible subraya la relación problemática entre las sociedades modernas industriales y los ecosistemas naturales que soportan la vida en el planeta. El reconocimiento de que el modelo de desarrollo dominante es incompatible con los sistemas de soporte vital ha conducido a la búsqueda de formas más sostenibles de desarrollo y una reevaluación fundamental de la relación entre la sociedad y la naturaleza.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas disfruten de paz y prosperidad. La agenda establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas, respaldados por 232 indicadores. La lógica de los ODS es que los 17 objetivos individuales representan los diversos elementos de la sostenibilidad y que, como conjunto, proporcionan una representación holística de la complejidad y las interdependencias del desarrollo sostenible. Como agenda acordada a nivel mundial, los ODS comprenden un conjunto de objetivos ambiciosos y complejos sin precedentes, metas que comprenden un marco de seguimiento a través de informes anuales a la ONU por parte de todos los países.

Una agenda global estrechamente relacionada es la Nueva Agenda Urbana (NAU), que fue adoptada en la cumbre Hábitat III en Quito en 2016 y constituye un compromiso global para la promoción de la sostenibilidad urbana. Los temas urbanos recibieron una atención explícita en los ODS, con la inclusión de un objetivo urbano independiente (ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles). En combinación con la NAU, el ODS 11 apunta a construir un nuevo modelo de desarrollo urbano que sea capaz de integrar todas las facetas del desarrollo sostenible para garantizar la prosperidad, el bienestar de las personas y la conservación del medio ambiente. En particular, la NAU y el ODS 11 hace énfasis en lograr entornos urbanos que protegen, conservan, restablecen y promueven sus ecosistemas, recursos hídricos, hábitats naturales y diversidad biológica, reducen al mínimo su impacto ambiental y transitan hacia la adopción de modalidades de consumo y producción sostenibles (ONU, 2015).

A nivel nacional, Colombia elaboró el documento CONPES 3918 de 2018, el cual establece las metas y las estrategias para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este documento genera una hoja de ruta para cada una de las metas establecidas, incluyendo indicadores, entidades responsables y los recursos requeridos para llevarlas a buen término. En 2021, el Departamento Nacional de Planeación publicó la Guía para Elaborar Reportes Locales Voluntarios (RLV) en Colombia, para que los gobiernos municipales articulen acciones e iniciativas encaminadas al cumplimiento de los ODS.

Entre las diversas conceptualizaciones de la sostenibilidad, que van desde visiones económicas estrechas hasta complejos ideales éticos (Childers et al., 2014), este Programa de Mejoramiento del Espacio Público Natural y el Arbolado Urbano se apoya en la teoría de la sostenibilidad territorial (Magnaghi, 2000) y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) formulados por la ONU y adoptados por Colombia en 2015.

El enfoque de sostenibilidad territorial se plantea como objetivo la construcción de relaciones armoniosas entre la comunidad asentada y el ecosistema local a través de la valorización del territorio, entendido como el resultado histórico de sucesivos ciclos de coevolución entre naturaleza y cultura. Son las prácticas cotidianas de la sociedad local, ancladas en la sabiduría ambiental, las que producen el equilibrio y la salud del socio-ecosistema. Para lograr esta relación armoniosa, el enfoque territorialista asume como referente los habitantes y promueve su capacidad de construir de una identidad territorial basada en la singularidad de los lugares.

Desde esta perspectiva teórica, el Programa de Mejoramiento del Espacio Público Natural y el Arbolado Urbano pretende aportar de manera directa al cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) que se describen a continuación.

### ***Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2***

*Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible*

El fomento de la agricultura urbana es una estrategia importante del Programa de Mejoramiento del Espacio Público Natural y el Arbolado Urbano. La agricultura urbana tiene lugar en patios interiores, antejardines, terrazas, balcones, huertos comunitarios o colegios, en espacios públicos y privados. Espacios públicos como bosques, parques, zonas verdes y calles locales tienen el potencial de incorporar la producción de alimentos de forma planificada y contribuir de esta forma a la seguridad alimentaria del municipio. La agricultura urbana promueve la buena salud al aumentar el acceso a alimentos frescos, saludables, cultivados localmente y culturalmente apropiados. La agricultura urbana se concibe como complemento de un sistema complejo de producción de alimentos en zonas periurbanas y rurales, para conformar agroecosistemas sólidos que garantizan la soberanía alimentaria a nivel urbano y regional. Los procesos productivos enfatizan el uso de métodos agroecológicos, la integración de zonas urbanas y rurales, el aumento de la diversidad, la producción limpia y la resiliencia del sistema alimentario regional frente al el cambio climático.

### ***Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3***

*Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades*

El Programa de Mejoramiento formula lineamientos para mejorar la calidad ambiental urbana y optimizar los servicios ecosistémicos en el espacio público, buscando efectos directos sobre la salud y el bienestar de la población. El mejoramiento ambiental implica acciones específicas como la recuperación de áreas del sistema hídrico y orográfico, el incremento de las superficies verdes, el aumento de la cobertura arbórea, el aumento de la biodiversidad de flora y fauna y la creación de corredores ecológicos de conectividad urbana. Entre los servicios ecosistémicos proporcionados por los espacios verdes urbanos que contribuyen a mejorar la salud de la población se encuentran: reducción del efecto de Isla de Calor Urbana (ICU), protección contra inundaciones, mejoramiento de la calidad del aire y el agua, además de servicios recreativos y culturales. La mejora de la calidad ambiental se traduce en una mejor salud y bienestar para los habitantes urbanos.



### ***Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6***

*Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos*

La protección y recuperación del sistema hídrico es un componente central del Programa de Mejoramiento del Espacio Público Natural y el Arbolado Urbano. El agua es el recurso fundamental para la vida y esto debe reflejarse en la forma como se gestiona en el entorno urbano. Proteger el agua es integrar los tejidos urbanos con los ecosistemas (ríos, quebradas, zanjones, humedales) producir entornos humanos profundamente integrados y enriquecidos por los procesos del sistema hídrico.

Como complemento a la protección y recuperación de los ecosistemas del agua, el programa desarrolla lineamientos para la integración de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en los entornos urbanos, para restaurar del ciclo del agua. Los SUDS conforman un sistema interconectado de ecosistemas que purifican y almacenan el agua lluvia en múltiples escalas del espacio público, haciendo posible nuevas prácticas de sostenibilidad como huertas urbanas, jardines comunitarios, viveros o programas de reforestación.

Un desafío importante para la sostenibilidad de los entornos urbanos del Valle del Cauca son los vertimientos de aguas residuales en los cuerpos de agua. Desde la sostenibilidad territorial, se promueven los sistemas de saneamiento descentralizados enfocados en la economía circular y el cierre de los ciclos ecológicos en las escalas locales (manzana, barrio, urbanización), bajo un nuevo marco institucional que priorice prácticas flexibles, inclusivas y colaborativas, fomentando el crecimiento de la economía circular en el sector de agua y saneamiento.

## ***Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11***

*Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*

Desde los ODS, la sostenibilidad de las ciudades y asentamientos humanos se aborda desde 4 pilares: inclusión, seguridad, resiliencia y calidad ambiental. El pilar de inclusión promueve acciones de participación directa de la sociedad civil en la planificación y la gestión urbanas, a través de estructuras locales de participación que funcionan democráticamente y se articulan con otras escalas de gobernanza. En este pilar se incluye el acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres, los niños, las personas mayores y las personas con discapacidad.

En el pilar de seguridad y resiliencia, el Programa de Mejoramiento promueve acciones para reducir el riesgo de desastres a través de la gestión sostenible del agua. En este sentido, la protección y restauración de los ecosistemas del agua y la incorporación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el espacio público, contribuyen a reducir el riesgo ante fenómenos climáticos extremos asociados al cambio climático.

El pilar de calidad ambiental, el Programa de Mejoramiento promueve acciones para reducir el impacto ambiental negativo del entorno urbano, prestando especial atención a la optimización de los servicios ecosistémicos en el espacio público, contribuyendo a mejorar la calidad del aire, restaurar el ciclo del agua mejorando su calidad, reducir las altas temperaturas, mitigar el ruido, entre otros beneficios ambientales proporcionados por los elementos naturales en el espacio público.

### ***Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13***

*Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*

El Programa de Mejoramiento apunta a fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales, a través de la formulación de lineamientos para una mejor integración del tejido urbano y el ecosistema de soporte, especialmente con los ecosistemas del agua. Los lineamientos propuestos apuntan a reducir dos riesgos asociados al cambio climático: la exposición de la población a Islas de Calor Urbano (ICU) y el riesgo asociado a contaminación e inundaciones por la gestión inadecuada del agua urbana. En este sentido, se proponen la incorporación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el espacio público, para mejorar la calidad del agua y reducir el riesgo de inundaciones, especialmente ante fenómenos meteorológicos extremos asociados al cambio climático. El Programa de Mejoramiento promueve los medios de movilidad no motorizados (caminar, andar en bicicleta), a través de acciones para mejorar habitabilidad del espacio público para peatones y ciclistas. Promover la movilidad sostenible es una estrategia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la cabecera urbana, contribuyendo de esta forma a combatir el cambio climático.

### ***Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 15***

*Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres*

La conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas en el entorno urbano y su área de influencia es un objetivo central del Programa de Mejoramiento. Se proponen lineamientos para recuperar los bosques degradados y aumentar la cobertura arbórea en la cabecera urbana. Se promueve la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible. De igual forma, el Programa de Mejoramiento formula acciones para integrar la biodiversidad en el entorno urbano a través de la recuperación y enriquecimiento del hábitat y la mejora de la conectividad entre las áreas de valor ambiental en la cabecera urbana.



<p><b>2</b> HAMBRE CERO</p> 	<p>Gestión del arbolado urbano frutal. Promoción de la agricultura urbana.</p>
<p><b>3</b> SALUD Y BIENESTAR</p> 	<p>Mejoramiento de los servicios ecosistémicos en el espacio público. Promoción de la movilidad activa.</p>
<p><b>6</b> AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO</p> 	<p>Mitigación de la contaminación y restauración del ciclo del agua con Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).</p>
<p><b>11</b> CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES</p> 	<p>Participación directa de la sociedad en el diseño y gestión del espacio público, acceso universal a zonas verdes, reducción del riesgo por manejo inadecuado del agua lluvia.</p>
<p><b>13</b> ACCIÓN POR EL CLIMA</p> 	<p>Reducción de riesgos asociados al cambio climático: la exposición a altas temperaturas e inundaciones. Promoción de la movilidad no motorizada.</p>
<p><b>15</b> VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES</p> 	<p>Recuperación y enriquecimiento del hábitat, mejora de la conectividad entre las áreas de valor ambiental en la cabecera urbana</p>

Figura 1. Contribución del Programa de Mejoramiento a los ODS

## **I.2. URBANISMO ECOLÓGICO**

El urbanismo ecológico es un enfoque de planificación urbana que coloca a la naturaleza en el centro del proceso de diseño para abordar los desafíos de los entornos urbanos contemporáneos: degradación ecológica, deterioro de la calidad de vida, urbanización acelerada, pérdida de hábitat y los impactos impredecibles del cambio climático (Hughes et al., 2018). Dentro de este enfoque, es fundamental comprender las funciones y procesos del ecosistema en el cual se ubica la ciudad y emprender acciones dirigidas a recuperar los procesos ecológicos que soportan la vida. La ciudad debe reconocerse como parte integral del territorio y diseñarse como un sistema integrado con los sistemas agrícolas y ecosistemas naturales en las zonas rurales (Spirn, 2014).

El enfoque ecológico parte de la necesidad de considerar el entorno urbano como un ecosistema vivo, interdependiente e interconectado con su base natural, en el cual los seres humanos son parte integral y agentes de un proceso continuo de coevolución. Las sociedades humanas y su entorno biofísico forman un sistema socio-ecológico integrado que se regenera constantemente a través de ciclos de adaptación y autoorganización que permiten la evolución del sistema socio-ecológico (Du Plessis & Brandon, 2015). El objetivo es lograr una relación de mutuo beneficio entre la ciudad y su ecosistema de soporte, restaurando los procesos naturales para regenerar la salud del socio-ecosistema en su conjunto y mejorar la calidad del hábitat (Fayed et al., 2020).

Para los entornos urbanos del Valle del Cauca, la necesidad de un urbanismo ecológico está impulsada por la importancia de generar resiliencia frente al cambio climático y abordar los múltiples desafíos de sostenibilidad, incluyendo la descarbonización del transporte, la restauración de los ecosistemas, la seguridad alimentaria, la promoción de las energías renovables y el uso sostenible de los recursos naturales.

### ***Protección y Recuperación del Sistema Hídrico***

La protección y recuperación del sistema hídrico se refiere a la integración de los ecosistemas del agua con los tejidos urbanos y rurales para producir entornos humanos significativos donde la forma urbana se enriquece e interactúa con los procesos del sistema hídrico (Rising, 2015). El agua es el recurso fundamental para la vida y esto debe reflejarse en la forma como se gestiona en el entorno urbano. Los ecosistemas de agua, principalmente ríos y quebradas, son los elementos de conectividad ecológica por excelencia y cumplen funciones clave para la supervivencia de especies como peces, aves, anfibios y reptiles.

Proteger y recuperar el sistema hídrico es una necesidad fundamental para los centros urbanos del Valle del Cauca, en los cuales los ecosistemas del agua han sido degradados a su paso por la ciudad. Se han rectificando los ríos, canalizado o soterrado quebradas y secado humedales para dar paso a los tejidos urbanos. La ocupación de las áreas forestales protectoras del sistema hídrico es una característica común en todas las zonas urbanas de la región. Las descargas de aguas residuales en los cuerpos de agua es una constante debido a la precariedad de los sistemas de saneamiento. Adicionalmente, el cambio climático agudiza estos problemas con lluvias más extremas y sequías más sostenidas.

En un contexto de cambio climático y degradación del sistema hídrico, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son una alternativa para el manejo de las aguas lluvias y la restauración del ciclo del agua en áreas urbanas. Los SUDS gestionan las aguas de lluvia con un enfoque multifuncional, considerando de forma integrada el control de la cantidad de agua (prevención de inundaciones), el mejoramiento de la calidad (control de la contaminación), el soporte de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de vida urbana. A través de ecosistemas interconectados en múltiples escalas que funcionan como complemento del sistema de drenaje tradicional, los SUDS recuperan los procesos naturales del agua: intercepción de la lluvia en el dosel de los árboles, infiltración y recarga de acuíferos, evapotranspiración del agua a través de la vegetación, filtración de contaminantes a través del suelo. Al considerar el agua lluvia como un recurso, los SUDS pueden diseñarse para reutilizar el agua en diversos usos, como riego de zonas verdes, espacios de juego acuático o agricultura urbana, proporcionando beneficios recreativos, educativos y de salud a la comunidad.

Para la urbanización futura, proteger el agua implica conservar y restaurar la integralidad ecológica del sistema hídrico (humedales, ríos, quebradas, zanjones, suelos de alta permeabilidad, áreas de nivel freático alto), adaptando el tejido urbano a estos ecosistemas, estableciendo gradientes de protección y conformando en torno a ellos el sistema de espacio público. En el caso de los vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua, el urbanismo ecológico aboga por sistemas de saneamiento descentralizados enfocados en la recuperación de nutrientes, agua y energía, promoviendo la economía circular y los sistemas modulares que permiten cerrar ciclos en escalas locales como la manzana y el barrio.

## ***Protección y Recuperación de la Biodiversidad***

La integración de la biodiversidad en el entorno urbano se centra en mejorar la función del ecosistema (los procesos y ciclos naturales que sustentan la vida) a través de la restauración del hábitat para la flora y fauna nativa, la reconexión con los procesos físicos y una mayor distribución, abundancia y conectividad de la naturaleza urbana (Panlasigui et al., 2021). La salud del ecosistema urbano proporciona condiciones para una mayor expresión de la vida en todos los sentidos, y se expresa en la óptima calidad del aire, el agua y el suelo.

La conformación de redes ecológicas es una estrategia fundamental para recuperar la biodiversidad en los entornos urbanos. Las redes ecológicas se conforman a partir de la articulación de los espacios verdes (parques, bosques, humedales, zonas verdes, equipamientos con valor ambiental) y corredores de conectividad (parques lineales, separadores verdes, calles arboladas). Los corredores de conectividad (Calles Verdes) desempeñan un papel fundamental para garantizar la cohesión espacial de la red, permitiendo el movimiento de la biodiversidad a través del paisaje urbano y el intercambio genético entre los diferentes espacios verdes (van der Sluis, & Jongman, 2021).

## ***Promoción de la Movilidad Sostenible***

Los corredores ecológicos son también redes de movilidad sostenible, en las cuales se mejora la habitabilidad y calidad ambiental para el desplazamiento y permanencia de peatones y ciclistas. En este sentido, las calles verdes implican una reducción del espacio dedicado al tráfico motorizado. Las Calles Verdes son corredores amigables para las personas, proporcionan mejor calidad del aire, mitigan de las Islas de Calor Urbana y gestionan del agua lluvia a través de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Las redes ecológicas benefician al mismo tiempo a las personas y la biodiversidad. Caminar y andar en bicicleta beneficia sustancialmente la salud física y mental de las personas, impactando positivamente en las tasas de obesidad, la diabetes y otras enfermedades crónicas (Pucher et al., 2010).

El concepto de infraestructura verde abarca estas tres dimensiones del urbanismo ecológico: protección y recuperación del sistema hídrico, protección y recuperación de la biodiversidad y promoción de la movilidad sostenible. La red ecológica se concibe como una infraestructura verde: espacios naturales interconectados en diversas escalas, que funcionan como un sistema para mejorar la salud del ecosistema urbano.



### I.3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que los ecosistemas aportan al bienestar de la sociedad. La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Leemans & De Groot, 2003), de Naciones Unidas, definió cuatro categorías de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano, cada uno respaldado por la biodiversidad. Estos son: servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios de soporte y servicios culturales, y se definen de la siguiente manera:

- **Servicios de aprovisionamiento:** bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas como alimentos, fibras, maderas, leña, agua, suelo, recursos genéticos, entre otros.
- **Servicios de regulación:** beneficios resultantes de la regulación de los procesos ecosistémicos, incluyendo el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de la erosión, el control de enfermedades humanas y la purificación del agua, entre otros.
- **Servicios de soporte:** procesos naturales que sustentan todos los demás servicios, como la fotosíntesis, el ciclo de nutrientes, la creación de suelos y el ciclo del agua. Estos procesos subyacentes hacen posible la vida en el planeta.
- **Servicios culturales:** beneficios no materiales que contribuyen al desarrollo y avance cultural de la sociedad, incluyendo recreación, salud física y mental, apreciación estética, inspiración para el diseño y el arte, experiencia espiritual y sentido del lugar.

En el entorno urbano, los servicios ecosistémicos son proporcionados por el conjunto de elementos naturales que conforman el paisaje urbano, ubicados en espacios públicos como calles y plazas arboladas, parques, jardines, bosques urbanos, humedales, ríos, quebradas y parques agrícolas. La calidad, cantidad y distribución de estos espacios naturales al interior de los centros urbanos es un factor determinante de la calidad de vida y el bienestar de los habitantes.

A pesar de su importancia ecológica, económica y cultural, los ecosistemas y elementos naturales (sistema hídrico, sistema orográfico) no han sido integrados de manera armoniosa en los entornos urbanos del Valle del Cauca, lo cual se evidencia en los bajos índices de calidad ambiental. La degradación y destrucción de los cuerpos naturales de agua, la baja cobertura arbórea, el predominio de las superficies impermeables son producto de un modelo urbano que ignora las potencialidades y limitaciones del territorio.

Sin embargo, los centros urbanos del Valle del Cauca pueden reconfigurarse con base en un modelo de urbanismo ecológico, en el cual las intervenciones en el espacio público contribuyen a revertir la degradación del ecosistema, regenerando activamente la salud del sistema socio-ecológico y mejorando la calidad del hábitat. En este proceso, el espacio público, como lugar del encuentro ciudadano, se convierte en el espacio fundamental para establecer nuevas prácticas de relación entre cultura y naturaleza. El espacio público es el lugar donde se construye la identidad cultural de una comunidad y, como tal, es clave en la construcción de una nueva relación con la naturaleza. A continuación, se presenta una revisión de la literatura sobre servicios ecosistémicos urbanos con énfasis en su integración en el espacio público de los entornos urbanos del Valle del Cauca.

### ***Purificación de Aire***

Las emisiones relacionadas con el tráfico vehicular son un problema de salud importante para los habitantes urbanos en todo el mundo, y cada vez se requieren más acciones debido a los impactos negativos en la salud. De especial importancia es la exposición a la combustión del diésel, que se clasifica como un cancerígeno de acuerdo a la evidencia de su impacto en los pulmones (Silverman, 2017). La vegetación urbana mejora la calidad del aire al filtrar las partículas atmosféricas como el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas finas (PM<sub>10</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Para el diseño de barreras de vegetación arbórea con función de filtración del aire, es importante considerar las dimensiones de las barreras con respecto a la fuente de emisión contaminante. La capacidad de absorción de la contaminación disminuye exponencialmente al aumentar la distancia desde la fuente de emisión, lo cual respalda la localización de árboles y zonas verdes en las vías (Jim & Chen, 2008). Cuanto mayor es el volumen de tráfico de una vía, mayor debe ser el componente de vegetación necesario para absorber la contaminación derivada del tráfico.

## ***Regulación de la Temperatura***

La regulación de la temperatura y la mitigación del efecto de Isla de Calor Urbana (ICU) es un beneficio importante de la vegetación urbana, especialmente en un contexto de temperaturas extremas asociadas al cambio climático. La exposición a altas temperaturas tiene efectos relevantes en la salud, incluyendo problemas respiratorios, deshidratación, fatiga e incluso la mortalidad por insolación (Hsu et al., 2021). El tráfico vehicular magnifica estos efectos al aumentar el estrés por calor, ruido y contaminación del aire. Las características del entorno urbano, como el predominio de superficies impermeables (edificaciones, pavimentos) y la falta de espacios verdes, espacios de agua y vegetación arbórea, son las causas principales de las ICU.

La vegetación urbana, particularmente los árboles y humedales, reducen efectivamente las temperaturas a través de la sombra y la evapotranspiración. Los árboles disminuyen la temperatura al permitir la evaporación del agua interceptada en su follaje y transpirar agua a través de sus hojas, aumentando así la humedad en el ambiente. Un solo árbol grande puede transpirar 450 litros de agua por día (Bolund & Hunhammar, 1999). Los árboles son importantes, pero las superficies verdes como césped o pavimentos verdes también contribuyen al enfriamiento por evapotranspiración (Onishi et al., 2010). Además, la vegetación aumenta el confort humano al reducir las emisiones de onda larga y limitar el reflejo de la radiación solar de las superficies urbanas (Shashua-Bar et al., 2011). Los cuerpos de agua tienen una gran influencia sobre la regulación de la temperatura debido a las propiedades térmicas del agua y la evaporación.

## ***Secuestro de Carbono***

Los árboles actúan como un sumidero de CO<sub>2</sub> al fijar el carbono durante la fotosíntesis y almacenarlo como biomasa (Nowak & Crane, 2002). Estos beneficios del arbolado urbano pueden ser parte de las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. El mantenimiento del arbolado en labores como podas que utilizan combustibles fósiles reduce los efectos netos del secuestro de carbono, por lo cual deben preferirse árboles con bajo mantenimiento y priorizar las herramientas eléctricas para las labores de poda (Pataki et al., 2006). Para maximizar los efectos en secuestro de carbono, debe priorizarse la conservación de grandes bosques urbanos de alta biodiversidad y bajo mantenimiento, como áreas forestales protectoras del sistema hídrico o grandes bosques urbanos.



## ***Reducción de Ruido***

Las molestias del ruido, particularmente del tráfico vehicular, son perjudiciales para la habitabilidad urbana y pueden aumentar el riesgo de problemas de salud como la pérdida de audición y enfermedades cardiovasculares (Bolund & Hunhammar 1999). La vegetación urbana, especialmente los árboles, reducen el ruido mediante la absorción, dispersión e interferencia de las ondas sonoras (Fang & Ling, 2003). En el diseño de barreras arbóreas para reducir el ruido del tráfico vehicular, el ancho de la barrera vegetal es clave: 5 metros de una barrera arbórea de una densidad foliar media puede reducir el ruido entre 9 y 11 dB (Ow & Ghosh, 2017).

Los corredores vehiculares de mayor jerarquía tienen un mayor volumen y velocidad de tráfico, por lo cual requieren barreras vegetales de más amplias. Otro factor clave es la superficie del suelo: el césped o vegetación herbácea reduce 3 dB comparado con un pavimento de concreto o asfalto. Adicionalmente, la percepción de paisajes sonoros naturales como el canto de las aves puede disminuir el nivel percibido de ruido del tráfico (Hong & Jeon, 2013). Las diferentes soluciones basadas en la naturaleza para la mitigación del ruido derivado del tráfico deben ser complementadas con estrategias de promoción de la movilidad no motorizada y mejoramiento de las condiciones para peatones y ciclistas.

## ***Regulación y Purificación del Agua***

Las superficies impermeables de los entornos urbanizados alteran el ciclo natural del agua al impedir la recarga de acuíferos, el almacenamiento de agua en los suelos y la evapotranspiración a través de la vegetación. Como consecuencia, aumenta el volumen y la velocidad de la escorrentía y los contaminantes son arrastrados desde las superficies urbanas hacia los cuerpos de agua, aumentando el riesgo de inundaciones y la degradación del sistema hídrico. Los bosques, zonas verdes, jardines de lluvia o humedales urbanos son ecosistemas efectivos para controlar las aguas lluvias al reducir el volumen y los picos de caudal (Gill et al., 2007). Los efectos descontaminantes de la filtración y absorción por la vegetación y el suelo ayudan a reducir los riesgos asociados a la mala calidad del agua. Los árboles, zonas verdes, jardines de lluvia, humedales artificiales y otras tipologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son medidas efectivas para mitigar la contaminación y reducir restaurar el ciclo del agua urbano.

### ***Producción de Alimentos***

La agricultura urbana tiene lugar en patios interiores, antejardines, terrazas, balcones y huertos comunitarios de hortalizas y frutas. El arbolado urbano frutal es común en los entornos urbanos del Valle del Cauca y su contribución a la seguridad alimentaria no se puede desconocer. Para muchos de los habitantes, la agricultura urbana proporciona una fuente importante de alimentos e ingresos complementarios. La FAO reconoce la agricultura urbana como una herramienta valiosa para abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2 (Hambre Cero) y 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) de las Naciones Unidas. En este sentido, recomienda a los municipios eliminar los obstáculos que impiden el desarrollo de la agricultura urbana y que implementen políticas para facilitar la creación de bosques alimentarios sostenibles y equitativos.

### ***Recarga de Aguas Subterráneas***

Las zonas verdes y los árboles mejoran la infiltración del agua de lluvia en los paisajes urbanos y contribuye de esta forma a la recarga de las aguas subterráneas. Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) enfocados en la mejora de la calidad del agua son indispensables para evitar la contaminación de acuíferos con escorrentía urbana.

### ***Servicios Culturales***

Los aspectos culturales de los ecosistemas urbanos, con posibilidades de contemplación y conexión con la naturaleza, son quizás el servicio ecosistémico más valorado en las ciudades. Todos los ecosistemas aportan valores estéticos y culturales a la ciudad. Estos ecosistemas se encuentran con mayor frecuencia en grandes parques, bosques y humedales, aunque el papel de las calles es también fundamental. Las calles no son simplemente corredores de movilidad, sino espacios públicos donde las personas participan en actividades recreativas y sociales. La construcción de calles habitables que fomenten las funciones sociales, la salud humana y el equilibrio del ecosistema es esencial para lograr un urbanismo ecológico.

## ***Los Árboles: Guardianes de los Servicios Ecosistémicos***

Los árboles tienen un papel fundamental en la mejora de la calidad ambiental en entornos urbanos y ofrecen una amplia gama de beneficios tangibles e intangibles. Los árboles son esenciales para la protección de la salud humana al actuar como filtros de los contaminantes del aire y reducir la temperatura mediante la sombra y la evapotranspiración, lo que ayuda a mitigar el efecto de la Isla de Calor Urbano (ICU). Además de mejorar la calidad del aire y reducir la temperatura urbana, los árboles son beneficiosos para reducir la contaminación acústica, ya que actúan como barreras sonoras y reducen los niveles de ruido.

Los árboles también son esenciales para la biodiversidad y el equilibrio ecológico en las ciudades. Proporcionan refugio y alimento para la fauna urbana como aves, insectos y pequeños mamíferos, contribuyendo a enriquecer la biodiversidad. Además, pueden regular el ciclo del agua mediante la interceptación, infiltración y evapotranspiración. Otro beneficio importante de los árboles para la biodiversidad urbana es su capacidad para crear corredores verdes y conexiones entre hábitats naturales, lo que permite a las especies animales y vegetales moverse entre ellos y mantener la diversidad biológica en el paisaje urbano.

Los árboles enriquecen la experiencia estética del paisaje urbano a través de sus características perceptuales como los colores, formas, olores y sonidos. La presencia de árboles con diferentes propiedades perceptuales puede crear paisajes visualmente atractivos y diversos. Los sonidos producidos por el viento y los pájaros en los árboles pueden ser relajantes y contribuir a mejorar la calidad del ambiente sonoro. En cuanto a su forma, los árboles altos y palmas pueden ser identificados fácilmente y servir como puntos de referencia en el paisaje urbano, mientras que los árboles con una copa amplia y aparasolada pueden proporcionar una sensación de protección y refugio.

Los árboles y su relación con las culturas y comunidades humanas es un tema de gran interés en diversas disciplinas como la antropología, la ecología cultural y la etnobotánica. En muchas culturas, los árboles son considerados sagrados y tienen un papel fundamental en rituales y ceremonias. Proporcionan alimentos como frutas, nueces, hojas y cortezas que se utilizan en la cocina local y en la medicina tradicional. Su madera se ha utilizado durante milenios para la construcción de viviendas, mobiliario y objetos. La integración de los árboles en los entornos urbanos no solo puede mejorar la calidad de vida y los servicios ecosistémicos, sino que también puede fortalecer la conexión de los habitantes con su identidad cultural y natural.



## **2. MARCO JURÍDICO**

## 2.1. MARCO POLÍTICO NACIONAL

### ***Política de Gestión Ambiental Urbana (PGAU)***

La Gestión Ambiental Urbana – GAU se refiere a la gestión de los recursos naturales renovables, los problemas ambientales urbanos y sus efectos en la región o regiones vecinas. La GAU es una acción conjunta entre el Estado y los actores sociales, que se articula con la gestión territorial, las políticas ambientales y las políticas o planes sectoriales que tienen relación o afectan el medio ambiente en el ámbito urbano regional.

Esta gestión, demanda el uso selectivo y combinado de herramientas jurídicas, técnicas, económicas, financieras, administrativas y de planeación, para lograr la protección y funcionamiento de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de la población dentro de un marco de ciudad sostenible. En el contexto urbano, la GAU implica un esquema propio y ordenado de gestión ambiental, orientado hacia un conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en relación con la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente.

En el año 2008, el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, adoptó la Política de Gestión Ambiental Urbana (PGAU), en la que se establecen directrices para el manejo sostenible de las áreas urbanas, orientadas principalmente a la armonización de las políticas ambientales y de desarrollo urbano, así como al fortalecimiento de espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, con el fin de avanzar hacia la construcción de ciudades sostenibles.

La PGAU fue propuesta para todo el territorio nacional, está orientada a definir principios e instrumentos de política pública que permitan manejar y gestionar el medio ambiente al interior del perímetro de las grandes, medianas y pequeñas áreas urbanas, acorde con sus características específicas y sus problemáticas ambientales actuales. Para esto se estableció un objetivo general y 6 objetivos específicos. Así mismo, se definieron 7 programas en los cuales se enmarca el Plan de Acción con la identificación de los actores involucrados en su ejecución:

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<p>Establecer directrices para el manejo sostenible de las áreas urbanas, mediante la identificación del papel, recursos e involucrados, de acuerdo con sus competencias y funciones, con el fin de armonizar la gestión, las políticas sectoriales y fortalecer los espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, para contribuir a la sostenibilidad ambiental urbana y a la calidad de vida de sus pobladores, a través del reconocimiento de la diversidad regional y los tipos de áreas urbanas en Colombia.</p>	<p>Mejorar el conocimiento de la base natural de soporte de las áreas urbanas y diseñar e implementar estrategias de conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables.</p>
	<p>Identificar, prevenir y mitigar amenazas y vulnerabilidades a través de la gestión integral del riesgo en las áreas urbanas.</p>
	<p>Contribuir al mejoramiento de la calidad del hábitat urbano, asegurando la sostenibilidad ambiental de las actividades de prestación de servicios públicos, movilidad y protección y uso sostenible del paisaje y del espacio público.</p>
	<p>Gestionar la sostenibilidad ambiental de los procesos productivos desarrollados en las áreas urbanas.</p>
	<p>Promover, apoyar y orientar estrategias de ocupación del territorio, que logren incidir en los procesos de desarrollo urbano regional desde la perspectiva de sostenibilidad ambiental.</p>
	<p>Desarrollar procesos de educación y participación que contribuyan a la formación de ciudadanos conscientes de sus derechos y deberes ambientales, al promover usos y consumo sostenibles.</p>

*Tabla 1. Objetivos de la Política de Gestión Ambiental Urbana (PGAU)  
Fuente: MADS, 2021*

1. Gestión del suelo y espacio público en áreas urbanas
2. Gestión de la biodiversidad en áreas urbanas
3. Gestión del recurso hídrico en áreas urbanas
4. Prevención y control de la contaminación del aire en áreas urbanas
5. Gestión de residuos sólidos y peligrosos en áreas urbanas
6. Gestión del riesgo de desastres en áreas urbanas
7. Herramientas de gestión ambiental urbana

En 2017 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible inició un proceso de ajuste de esta política pública con la intención de actualizarla, adecuar instrumentos que respondan a las necesidades actuales de los territorios y generar nuevos instrumentos para una más efectiva implementación de sus objetivos y metas (MADS, 2021).

## ***Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU)***

Como forma de instrumentalización de la PGAU, el Ministerio, a través de la Circular 8000-2-34415 del 10 de octubre de 2013, adoptó este índice que agrega información sobre los elementos más relevantes del estado ambiental de las áreas urbanas. El ICAU tiene por objeto determinar la calidad ambiental de las áreas urbanas, a través de indicadores simples que permiten medir y hacer seguimiento a cambios cuantitativos, en determinado momento del tiempo o entre periodos de tiempo. El índice tiene como objetivos específicos:

1. Evaluar el comportamiento de un indicador en el tiempo
2. Evaluar el comportamiento de un área urbana en el tiempo
3. Comparar áreas urbanas con características similares
4. Soportar la toma de decisiones relacionadas con la implementación de la Política de Gestión Ambiental Urbana y el mejoramiento de la calidad ambiental urbana
5. Incidir en el comportamiento de la sociedad, mediante la comunicación de sus resultados.

Los indicadores que componen el ICAU se miden de acuerdo con la complejidad del área urbana, por lo que se tienen tres grupos (MADS, 2016). Los indicadores directos están relacionados con las funciones y políticas ambientales, cuya generación es responsabilidad directa de la Autoridad Ambiental. Los indicadores indirectos están relacionados con competencias y políticas diferentes a las ambientales, cuya generación es responsabilidad directa de las entidades territoriales, empresas de servicios públicos, entre otras. En la siguiente tabla se presentan los indicadores para áreas urbanas con población entre 100.000 y 500.000 habitantes.



INDICADORES DIRECTOS	
1	Superficie de área verde por habitante
2	Calidad del aire
3	Calidad de agua superficial
4	Porcentaje de áreas protegidas y estrategias complementarias de conservación urbanas
5	Porcentaje de residuos sólidos aprovechados
6	Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima del nivel de referencia
7	Porcentaje de población urbana que participa en gestión ambiental urbana
8	Porcentaje de población urbana vinculada a estrategias de educación ambiental en áreas urbanas
9	Porcentaje de población urbana localizada en zonas de amenaza alta
INDICADORES INDIRECTOS	
1	Consumo residencial de agua por habitante
2	Consumo residencial de energía por habitante
3	Cantidad de residuos sólidos dispuestos adecuadamente
4	Porcentaje de Suelos de protección urbanos (de importancia ambiental y de riesgo) incluidos en el POT con conflictos de uso del suelo
5	Espacio público efectivo por habitante

*Tabla 2. Indicadores de índice de calidad ambiental urbana*

### **Documentos CONPES**

De conformidad con la Política de Calidad de Vida Urbana definida en el Plan Nacional de Desarrollo -Hacia un Estado Comunitario-, el Consejo Nacional de Política Económica y Social elaboró el documento CONPES 3305 de 2004 – Lineamientos para optimizar la Política de Desarrollo Urbano, dirigido a consolidar ciudades más compactas, más sostenibles, más equitativas y con la capacidad de gestionar y financiar su propio desarrollo.

En este marco se definió el Espacio Público como uno de los “atributos urbanos” que debían articularse en una estrategia integral de desarrollo urbano. Para la elaboración del Documento CONPES 3305 se estableció un diagnóstico del estado de dicho atributo, encontrando, entre otros conflictos, índices muy bajos de espacio público e inexistencia de instituciones encargadas de su protección y mantenimiento, así como la debilidad de las administraciones municipales respecto al cumplimiento de las normas y falta de estandarización de los procesos de diseño y construcción de estos espacios.

El modelo de ciudad propuesto para garantizar la sostenibilidad de las ciudades se basó en el cumplimiento de unos parámetros mínimos que garantizaran la calidad ambiental y condiciones urbanísticas que soporten la población existente y proyectada, entre las cuales se consideró:

- Garantizar la creación de espacios públicos peatonales tanto para la ciudad construida como para las áreas de expansión.
- Incluir en el sistema de espacio público los frentes de los cuerpos de agua, adecuándolos con la infraestructura necesaria.

A partir de la promulgación de la Ley 1450 de 2011, y ante la necesidad de definir una política específica para el sistema de espacio público, se formuló y adoptó el Documento CONPES 3718 - Política Nacional de Espacio Público, durante el año 2012. Esta política determinó la necesidad de adelantar acciones en pro de la recuperación el espacio público, incorporando en el Ordenamiento Territorial, el sistema de espacio público como componente estratégico y articulador. De igual forma, la política desarrolló el concepto espacio público efectivo que es conformado por zonas verdes, plazas y plazoletas y se identificó, entre las acciones a desarrollar, el fortalecimiento de la información correspondiente al espacio público, la definición de lineamientos y la articulación con el ordenamiento territorial y ambiental (CVC, 2020a).

Con base en ello se definió como objetivo central “Contribuir a la disminución del déficit cuantitativo y cualitativo de espacio público en los municipios y distritos, en las escalas urbana y suburbana, con énfasis en las zonas donde se localiza la población más pobre, a través de la participación público-privada y mediante estrategias institucionales, normativas, de gestión y financiación.” Para ello se definieron 4 objetivos específicos que se desarrollaron en una serie de acciones prioritarias asociadas a las necesidades identificadas, así como recomendaciones a los diferentes actores en el marco de sus competencias (CONPES 3718 de 2012).

Objetivos Específicos:

1. Precisar conceptos asociados con el espacio público.
2. Fortalecer la información para el seguimiento y control en espacio público en las entidades territoriales.
3. Mejorar la capacidad institucional y administrativa de los municipios y distritos, y autoridades ambientales, en temas relacionados con la planeación, gestión, financiación, información y sostenibilidad del espacio público.

4. Articular políticas y acciones sectoriales sobre el espacio público. Generar instrumentos para la financiación y el aprovechamiento económico del espacio público.

## **2.2. MARCO POLÍTICO REGIONAL**

### ***Política Pública Departamental de Ambiente y Gestión Integral del Recurso Hídrico – CODEPARH***

En 2017 la Gobernación del Valle del Cauca lideró la formulación y adoptó esta política buscando, entre otros objetivos: contribuir a la conservación, protección, recuperación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad acorde a la oferta ecosistémica del territorio, con énfasis en la conservación y uso eficiente del recurso hídrico y el fortalecimiento de una cultura ambiental en el contexto de la diversidad del Valle del Cauca.

## **2.3. MARCO NORMATIVO**

### ***Constitución Política de Colombia***

El Artículo 82 de la CPC de 1991 dispuso: “Es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.”

### ***Ley 99 de 1993***

Con la promulgación de esta Ley se organizó el Sistema Nacional Ambiental – SINA y, entre otras determinaciones, se fijaron las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, en adelante responsables de la administración de los recursos naturales renovables, como máximas autoridades ambientales en sus respectivas jurisdicciones.

Así mismo, se fijaron funciones a los municipios relacionadas con la promoción y ejecución de programas y políticas en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables, definición de normas para el control, preservación y defensa del patrimonio ecológico municipal, y definió el papel de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria a Pequeños Productores (UMATA), en cuanto a la prestación del servicio de asistencia técnica y transferencia de tecnología en lo relacionado con la defensa del medio ambiente y la protección de los recursos naturales renovables (Artículos 31 y 65 respectivamente).

### ***Ley 388 de 1997***

La expedición de la Ley buscó, entre otros aspectos, la armonización de la Ley 9ª de 1989 (una de las primeras normas en establecer la relación entre el *espacio público y el paisaje*), las modificaciones introducidas por la CPC en 1991, la Ley 99 de 1993, entre otras. Como norma rectora del ordenamiento territorial incluyó entre sus objetivos la creación y la defensa del *espacio público*, así como por la protección del medio ambiente (Artículo 1).

Esta ley contiene el mayor número de disposiciones que hacen alusión al paisaje, evidenciando cómo los recursos paisajísticos resultan ser un elemento importante que debe ser tenido en cuenta al momento de diseñar los planes de ordenamiento territorial, específicamente en lo que se refiere a la definición de áreas de conservación y protección tanto urbanas como rurales (Zuluaga, 2015).

### ***Ley 1551 de 2015***

Con el fin de modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios se expidió esta ley, fijando entre otras funciones:

1. Administrar los asuntos municipales y prestar los servicios públicos que determine la ley.
2. Promover alianzas y sinergias público-privadas que contribuyan al desarrollo económico, social y ambiental del municipio y de la región, mediante el empleo de los mecanismos de integración dispuestos en la ley.
3. Velar por el adecuado manejo de los recursos naturales y del ambiente, de conformidad con la Constitución y la ley.

### ***Decreto 1076 de 2015***

Corresponde al decreto compilatorio del sector ambiente y en su artículo 2.2.1.1.9.3. estableció los procedimientos para talas de emergencia “Cuando se requiera talar o podar árboles aislados localizados en centros urbanos que por razones de su ubicación, estado sanitario o daños mecánicos estén causando perjuicio a la estabilidad de los suelos, a canales de agua, andenes, calles, obras de infraestructura o edificaciones, se solicitará por escrito autorización, a la autoridad competente, la cual tramitará la solicitud de inmediato, previa visita realizada por un funcionario competente técnicamente la necesidad de talar árboles.”



Tala o reubicación por obra pública o privada “Cuando se requiera talar, trasplantar o reubicar árboles aislados localizados en centros urbanos, para la realización, remodelación o ampliación de obras públicas o privadas de infraestructura, construcciones, instalaciones y similares, se solicitará autorización ante la Corporación respectiva, ante las autoridades ambientales de los grandes centros urbanos o ante las autoridades municipales, según el caso, las cuales tramitarán la solicitud, previa visita realizada por un funcionario competente, quien verificará la necesidad de tala o reubicación aducida por el interesado, para lo cual emitirá concepto técnico” e igualmente fijó el procedimiento para el trámite de permiso o autorización de aprovechamiento forestal de árboles aislados.

### **Decreto 1077 de 2015**

Este decreto compilatorio del sector vivienda, retomando el precepto de la CPC por el Artículo 2.2.3.1.1 en cuanto a la protección del Espacio Público estableció “Es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular. En el cumplimiento de la función pública del urbanismo. Los municipios y distritos deberán dar prelación a la planeación, construcción, mantenimiento y protección del espacio público sobre los demás usos del suelo”.

De acuerdo con el Artículo 2.2.3.2.1 del citado decreto, el espacio público es “el elemento articulador y estructurante fundamental del espacio en la ciudad, así como el regulador de las condiciones ambientales de la misma, y por lo tanto se constituye en uno de los principales elementos estructurales de los Planes de Ordenamiento Territorial”.

Por su parte, el Artículo 2.2.3.3.2 estableció la conformación del sistema de espacio público entre elementos constitutivos naturales y artificiales o construidos, así como elementos complementarios, según se observa en la Figura 2. Así mismo, señaló como función de la Corporación como autoridad ambiental del Departamento:

**“...Las corporaciones autónomas regionales y las autoridades ambientales de las entidades territoriales, establecidas por la ley 99 de 1993, tendrán a su cargo la definición de las políticas ambientales, el manejo de los elementos naturales, las normas técnicas para la conservación, preservación y recuperación de los elementos naturales del espacio público.”** (Negrita por fuera del texto legal).

En lo que respecta al manejo del arbolado, el Artículo 2.3.2.2.5.118 estableció “4. ... los municipios y distritos deberán levantar el catastro de árboles ubicados en vía y áreas públicas que deberán ser objeto de poda”.

En la siguiente tabla se presenta el marco normativo que ha desarrollado lo referente al espacio público en Colombia.

NORMAS DEL ÁMBITO NACIONAL	
1989	Ley 9ª (Enero 11) “Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal...”
1997	Ley 361 (Febrero 07) “Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación...”
	Ley 388 (Julio 18) “Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones,...”
2006	Ley 1083 (Julio 31) “Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre la planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones”
2009	Ley 1275 (Enero 05) “Por medio de la cual se establecen lineamientos de Política Pública Nacional para las personas que presentan enanismo y se dictan otras disposiciones...”
	Ley 1287 (Marzo 03) “Por la cual se adiciona la Ley 361 de 1997”
2015	Decreto 1076 (Mayo 26) “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”
	Decreto 1077 (Mayo 26) “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”
2020	Decreto 1232 (Septiembre 14) "Por medio del cual se adiciona y modifica el artículo 2.2. 1.1 del Título 1, se modifica la Sección 2 del Capítulo 1 del Título 2 y se adiciona al artículo 2.2.4.1.2.2 de la sección 2 del capítulo 1 del Título 4, de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015 Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con la planeación del ordenamiento territorial"
	Ley 2037 (julio 27) "Por la cual se modifica el artículo 6 de la Ley 388 de 1997" - implementación efectiva de espacio público
2021	Ley 2079 (14 enero) "Por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de vivienda y hábitat

*Tabla 3. Marco Jurídico del Espacio Público en Colombia en el Ámbito Nacional*

<b>ELEMENTOS NATURALES</b>	<b>ÁREAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DEL SISTEMA OROGRÁFICO</b>	Cerros, montañas, colinas
	<b>ÁREAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO</b>	<b>NATURALES</b> Manantiales, ríos, quebradas, arroyos, playas fluviales, rondas hídricas, mares, playas marinas, arenas y corales, ciénagas, lagos, lagunas, pantanos, humedales, zonas de manejo, zonas de bajamar y protección ambiental
		<b>ARTIFICIALES</b> Diques, presas, represas, embalses, lagos, muelles, puertos, tajamares, rompeolas, escolleras, rondas hídricas, zonas de manejo y protección ambiental
<b>ÁREAS DE ESPECIAL INTERÉS AMBIENTAL, CIENTÍFICO Y PAISAJÍSTICO</b>	Parques naturales, áreas de reserva natural, santuarios de flora y fauna	
<b>ELEMENTOS ARTIFICIALES</b>	Áreas integrantes de los perfiles viales peatonal y vehicular	
	Áreas articuladoras de espacio público de encuentro y recreación	
	Áreas para la conservación y preservación de las obras de interés público y los elementos urbanísticos, arquitectónicos, históricos, culturales, recreativos, artísticos y arqueológicos	
	Áreas y elementos arquitectónicos espaciales y naturales de propiedad privada que sean incorporadas como tales en los planes de ordenamiento territorial	
	Antejardines de propiedad privada	
<b>ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS</b>	<b>COMPONENTES DEL AMOBLAMIENTO URBANO</b>	Mobiliario y señalización
	<b>COMPONENTE DE LA VEGETACIÓN NATURAL E INTERVENIDA</b>	Jardines, arborización y protección del paisaje, tales como: vegetación herbácea o céspedm jardines, arbustos, setos, o matorrales, árboles o bosques

*Figura 2. Elementos Constitutivos del Espacio Público*  
Fuente: Decreto 1077 de 2015



## 2.4. MARCO DE PLANIFICACIÓN

### ***Programa Nacional para la Conservación y Restauración del Bosque Seco Tropical en Colombia (PNCBST)***

El bosque seco tropical inicialmente se abordó desde el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y sequía (PAN). En este se determinó que, de las tres regiones con Bosque Seco Tropical en el país, en el Valle Geográfico del río Cauca, en donde sólo existen pequeños remanentes aislados. FUNCIÓN

De acuerdo con el PAN y la Estrategia de Conservación del bosque seco que incluye el componente de Suelos, se trabajó en el Programa de gestión Integral del bosque seco que propone un plan de acción con metas, acciones, indicadores y actores responsables en el corto plazo (2020-2023), mediano plazo (2024-2026) y largo plazo (2027-2030); para las seis líneas estratégicas del PNGIBST (MADS, 2021):

1. Gestión del conocimiento
2. Preservación y protección
3. Restauración
4. Uso sostenible
5. Gobernanza
6. Gestión del riesgo y cambio climático

### ***Plan de Gestión Ambiental Regional – PGAR***

El instrumento formulado para la vigencia 2015-2036 en área de jurisdicción de la CVC como autoridad ambiental, estableció 4 líneas estratégicas, entre las cuales la Línea Estratégica 1 – Gestión Integral de cuencas para el mejoramiento de los servicios ecosistémicos se incluyó el Programa 1 – Cobertura y uso sostenible del suelo para el cual se definió como parte del escenario apuesta regional que *“La silvicultura urbana gana importancia, se ha fortalecido la planificación de las áreas verdes y la incorporación de los árboles a la estructura ecológica de los centros urbanos como consecuencia de la implementación de los estatutos de silvicultura urbana y la política nacional sobre el manejo de los espacios públicos”* (CVC, 2015).

De igual forma establecieron metas regionales asociadas al sistema de espacio público, según se observa en la Tabla 4.

2019	2027	2036
Se ha consolidado la línea base del sistema de espacio público del departamento	Todos los municipios cuentan con al menos 6 m <sup>2</sup> /hab de espacio público efectivo	Todos los municipios cuentan con al menos 11 m <sup>2</sup> /hab de espacio público efectivo

*Tabla 4. Metas Regionales Asociadas al Espacio Público*

***Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD)***

Mediante Ordenanza No. 513 del 6 de agosto de 2019 la Asamblea Departamental del Valle del Cauca adoptó el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental con una vigencia de 20 años, con el propósito principal de articular políticas, directrices y estrategias de ordenamiento físico- territorial con los planes, programas, proyectos y actuaciones sobre el territorio, que conlleven a un desarrollo territorial equilibrado, con desarrollo sostenible, incluyente y equitativo del Departamento.

De manera específica, el Subcapítulo II - Gradientes de protección de la base natural y directrices para el manejo de la base natural, se establecieron las directrices para el manejo de la base natural que incluye directrices de manejo para los servicios ecosistémicos y para el manejo del paisaje (Artículo 19).

*“Los municipios y Distritos deberán incorporar en sus POT la variable de manejo paisajístico, con el fin de conservar la integridad de estas Unidades De Paisaje (UDP), con el fin de evitar la fragmentación del paisaje y la pérdida de biodiversidad. Estas UDP deberán estar ligadas a proyectos de espacio público o manejo ambiental que permitan conservar y potenciar los valores paisajísticos existentes en el valle geográfico y los cordilleros.” (Asamblea Departamental del Valle del Cauca, 2019).*

*Lineamientos para el conocimiento, conservación, preservación, restauración y uso sostenible de los elementos naturales del espacio público en el Valle del Cauca*

En cumplimiento de las funciones asignadas por la normatividad vigente, la CVC como autoridad ambiental regional, viene avanzando en la definición de lineamientos para el manejo de los ENEP, para lo cual se elaboró un documento técnico que tiene como objetivo principal *“Contribuir al mejoramiento de la calidad ambiental de las zonas urbanas*

*del Valle del Cauca, mediante el conocimiento, preservación, restauración y uso sostenible de los elementos naturales del espacio público, en alianza con las entidades territoriales y la apropiación ciudadana.”*

Para ello, se establecieron 6 líneas estratégicas y se definieron normas técnicas para el Conocimiento, preservación, restauración, y uso sostenible de los ENEP, referidas de manera específica a las condiciones naturales y el entorno, así como para su Intervención y complementación en lo que corresponde a los usos y diseños de las intervenciones para ello (CVC, 2020a).

### ***Plan de Acción 2020-2023***

En armonía con lo dispuesto en el PGAR 2015-2036 y demás instrumentos de carácter nacional y regional, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) formuló el Plan de Acción 2020-2023. Partiendo del diagnóstico ambiental del territorio, el Plan de Acción incorpora en las acciones prioritarias para la vigencia la *Formulación del Programa de mejoramiento de los elementos naturales del espacio público y del arbolado urbano y la Adecuación de áreas de elementos naturales que hacen parte del Sistema de Espacio Público en cabeceras municipales y estrategia de conectividad con ecosistemas rurales*, como parte del Programa 5 – Desarrollo Territorial acorde con sus potencialidades y limitaciones (CVC, 2020b).



# **3. DIAGNÓSTICO**



Figura 3. Localización del Municipio de Guadalajara de Buga

### 3.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

Guadalajara de Buga está situado en la zona centro del departamento del Valle del Cauca, en la parte donde se hace más angosto el valle geográfico, gozando no solamente de la belleza del paisaje, de su variada y hermosa topografía sino también de la fertilidad y productividad de sus tierras, constituyéndose en una verdadera despensa agrícola y ganadera. Su ubicación geográfica es privilegiada y estratégica, pues la coloca en un verdadero cruce de caminos, en el lugar de convergencia de las principales vías terrestres que cruzan el occidente del país. Todo esto le otorga una posición destacada entre las demás ciudades del departamento. (Gobernación Valle del Cauca, 2018)

El sector turístico está muy desarrollado y cuenta con buena infraestructura que acoge la gran afluencia de turistas y peregrinos a la centenaria Basílica donde se venera la imagen del Cristo Milagroso, además de los atractivos naturales, la arquitectura colonial, las ferias y eventos culturales. En la industria sobresalen la cristalería, la producción de concentrados para animales, aceites y grasas y café. En culinaria es conocidísimo el manjar blanco, las colaciones, los bizcochuelos, el melado, dulces de brevas, bocadillo de guayaba, dulce cortado, desamargado, alfeñiques, moscorrofiros, melcochas entre otras delicias (CVC, 2020).

DATOS BÁSICOS DEL MUNICIPIO	
Extensión Total	832 km <sup>2</sup>
Extensión área urbana	16.2 km <sup>2</sup>
Extensión área rural	816 km <sup>2</sup>
Altitud media	969 msnm
Precipitación	1352 mm/año
Temperatura media	23° C
Población Total	114 807 hab. (2017)
Población Urbana	98 910 hab.
Densidad	140,5 hab/km <sup>2</sup>

*Tabla 5. Datos Básicos de Guadalajara de Buga*

### **3.2. COMPONENTE AMBIENTAL**

La cuenca del río Guadalajara se ubica en el flanco occidental de la Cordillera Central, reconocida como de origen marino-continental, y en la planicie aluvial del valle del río Cauca, identificada como el Graben Interandino Cauca Patía (GICP). Las rocas más antiguas en el departamento del Valle del Cauca afloran en la Cordillera Central y corresponden a los denominados Complejo Cajamarca y Complejo Arquía, que fueron depositadas al principio del paleozoico. El Complejo Cajamarca, compuesto por rocas básicas y rocas meta-ígneas de origen oceánico, fue acrecido al borde continental. En el paleozoico superior, estas unidades fueron sometidas a metamorfismo regional de presión media. El momento exacto de la acreción de la Cordillera Occidental, que corresponde con la orogenia Calima, se desconoce de acuerdo con las evidencias estratigráficas tuviera lugar en el paleoceno temprano.

La saliente rocosa presente en Buga hace que el valle geográfico se estreche hacia al río Cauca en la llamada Saliente de Buga. Los sedimentos y los minerales disueltos y materiales líticos que arrastran las aguas del río Guadalajara proceden de rocas y saprolitos derivadas del batolito de Buga. Desde el punto de vista geológico, este es un cuerpo que aflora entre las estribaciones occidentales de la Cordillera Central y el valle geográfico del Cauca, con una extensión aproximada de 200 km<sup>2</sup>, compuesto por rocas graníticas calco alcalinas.

Su composición es la de un granitoide calco-alcalino que varía de cuarzdiorita hornblendica a tonalita y diorita hornblendica hacia la zona de contacto. La detallada descripción mineral de este batolito deriva, como ocurre en muchos de los estudios colombianos, no tanto en la calidad mineral de los suelos que se pueden derivar de ellos, sino del interés minero. Este Batolito y las rocas con las que interactuó como roca intrusiva, tiene una edad estimada de de  $96 \pm 4.1$  m.a. y presenta contenidos de minerales valiosos como cobre y oro, pero también metales pesados con potencial de afectar la salud humana y de la vegetación por su potencial de aportar a la salinización del suelo por sus contenidos sódicos y de magnesio y sus bajos contenidos de potasio y calcio.



## **Suelos**

Los suelos de buena parte del municipio de Buga tienen salinización o alto potencial de presentarla en el futuro. Se combina la presencia de aguas y sedimentos potencialmente ricos en magnesio y el alto déficit de balance hídrico, que facilita que los nutrientes se cristalicen en la superficie del suelo, haciéndolo gradualmente tóxico para la vegetación. La salinización es el proceso químico de origen natural o inducido por las actividades antrópicas conducente a la acumulación de sales solubles en el suelo, que puede desagregar las micelas arcillosas y lavar nutrientes importantes como el potasio y puede resultar tóxica para la mayor parte de especies de plantas.

## **Vegetación**

El espacio natural de la zona está profundamente transformado con respecto a los tiempos republicanos de Colombia. Bosques inundables densos con doseles continuos compuestos de Burilicos (*Xylopia ligustrifolia*), Mantecos (*Casearia americana* (L.) T.Samar. & M.H.Alford, antes *Laetia americana* L.), Cámbulos (*Erythrina fusca*), Caracolies (*Anacardium excelsum*), Tofandos (*Crataeva tapia*) y Cedros trompillos (*Guarea guidonea*) proliferaron en suelos con aportes minerales mixtos desde el río Cauca y el río Guadalajara. Hoy, estos bosques están casi desaparecidos por la expansión agrícola, principalmente de la caña de azúcar. Las zonas inundables han sido afectadas por las derivaciones de aguas para los cultivos y desarrollo de diques para limitar las inundaciones en esta área de amortiguación y desborde del río Cauca.

Hacia las zonas colinadas del piedemonte, sobre suelos derivados de los saprolitos del batolito de Buga, crecían bosques de Sietecueros (*Machaerium capote*), Aromos (*Vachellia farnesiana*), Trapicheros (*Vachellia pennatula*), varias especies de tachuelos y justarrazón (*Zanthoxylum rhoifolius*, *Z. fagara*, *Z. monophyllum*) y Totocales (*Achatocarpus nigricans*), formando matorrales espinosos que debieron constituir buena parte de la fuente de leña. Estas especies presentan una amplia distribución en los bosques secos neotropicales y suelen ser resistentes a algunas formas de salinización, como la que se presenta gradualmente en el valle geográfico del Cauca y en la zona plana de Guadalajara de Buga.

## **Ecosistemas**

La cabecera del municipio de Guadalajara de Buga se emplaza principalmente en el ecosistema denominado Bosque Cálido Seco en Piedemonte Coluvio-Aluvial, perteneciente al Zonobioma Alternohigrico Tropical del Valle del Cauca. La Tabla 5 presenta los ecosistemas de la cabecera urbana del municipio. El ecosistema Bosque Cálido Seco en Piedemonte Coluvio-Aluvial se ubica entre los 1.000 y 1.400 msnm, con una temperatura promedio mayor a 24°C y precipitación media entre 1.100 a 1.500 mm/año, con régimen pluviométrico bimodal (CVC, Funagua. 2010).

<b>ECOSISTEMAS CABECERA URBANA</b>	<b>Kms<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Bosque cálido seco en piedemonte coluvio-aluvial	10,8	79%
Bosque cálido seco en piedemonte aluvial	4.69	13%
Bosque inundable cálido seco en planicie aluvial	1,09	8%

*Tabla 6. Ecosistemas Presentes en la Cabecera Municipal*

El ecosistema Bosque Cálido Seco en Piedemonte Coluvio-Aluvial está constituido principalmente por abanicos y conos coluvio-aluviales, formas de configuración triangular, generados por la acumulación de material de origen aluvial y coluvial al pie de la vertiente occidental de la Cordillera Central por acción combinada de la gravedad y el escurrimiento difuso, son formas de gran extensión con un relieve ligeramente plano de forma convexa y amplitud larga a muy larga en sentido transversal. Los conos formados se asocian a corrientes de régimen alto tales como el río Fraile, Parraga, Nima, Amaime, El Cerrito entre otros, y se componen de sedimentos heterométricos. Los abanicos presentan una composición de aluviones mixtos. Los suelos se han desarrollado en coluviones heterométricos; son bien drenados, superficiales limitados por fragmentos de roca, neutros y de fertilidad alta. Algunos están afectados por sodio en grado ligero o presentan pedregosidad superficial. (CVC, Funagua. 2010).

## **SISTEMA MUNICIPAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SIMAP)**

### ***Parque Nacional Natural (PNN) Las Herosas***

Fue declarado mediante la Resolución No. 158 de 1977 del Ministerio de Agricultura. Se ubica en la cordillera Central cubriendo áreas de los municipios de Chaparral y Rioblanco en el departamento del Tolima, y en los municipios de Buga, El Cerrito, Palmira, Pradera y Tuluá en el Valle del Cauca. Tiene una extensión de 150,000 hectáreas y una temperatura de 24°C en las zonas más bajas de la vertiente oriental y 4°C en las cimas. Cuenta con significativos recursos hídricos representados en un complejo lagunar de 387 espejos de agua, además de áreas importantes de páramos y glaciares.

### ***Parque Natural Regional (PNR) El Vínculo***

Tiene una extensión de 83,29 hectáreas, es considerado uno de los últimos relictos de bosque seco que quedan en el departamento. Se ubica en el municipio Guadalajara de Buga, a pocos kilómetros de la laguna de Sonso. El área está bajo protección y se considera como uno de los ecosistemas estratégicos del Valle (CVC, 2007), por su representatividad del Bosque Seco Tropical. En el parque se desarrollan actividades de investigación, educación ambiental y demostración de usos adecuados de recursos naturales.

### ***Reserva Forestal Protectora Nacional (RFPN) de Buga***

Se encuentra localizada en la zona centro del municipio de Guadalajara de Buga y conforma la parte alta de la cuenca del río Guadalajara. Fue declarada mediante resolución No. 11 de diciembre 9 de 1938. Actualmente cuenta con un área de 8.853,73 hectáreas, con alturas que van desde los 1.380 msnm hasta los 3.750 msnm en el páramo de Pan de Azúcar. Con la finalidad de conservar las áreas boscosas naturales y brindar protección a la zona de nacimiento del río Guadalajara, el municipio de Buga, adquirió predios con el fin de crear áreas de protección sobre los nacimientos de los cauces de agua abastecedores de los acueductos rurales y urbanos.

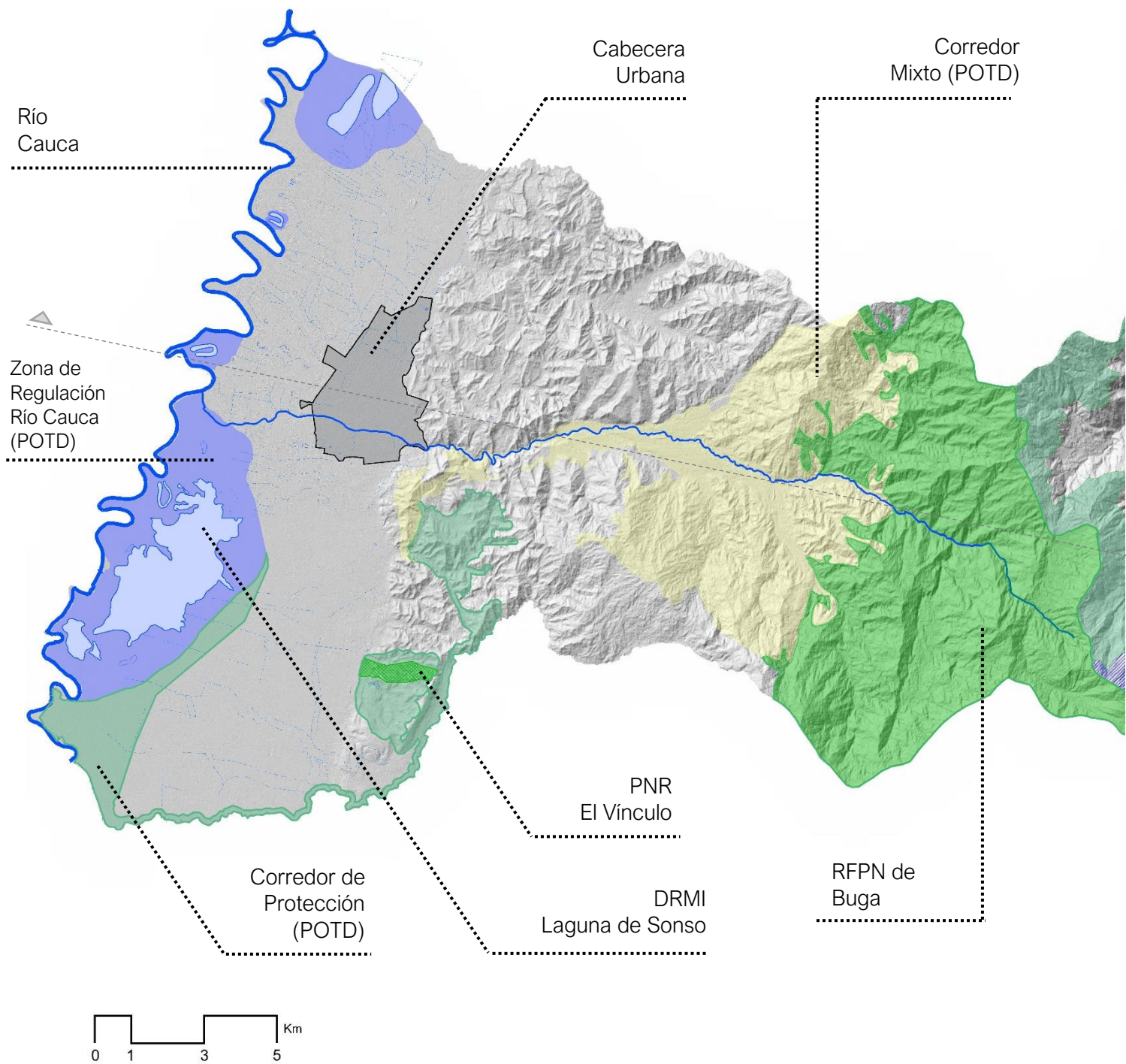
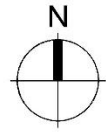


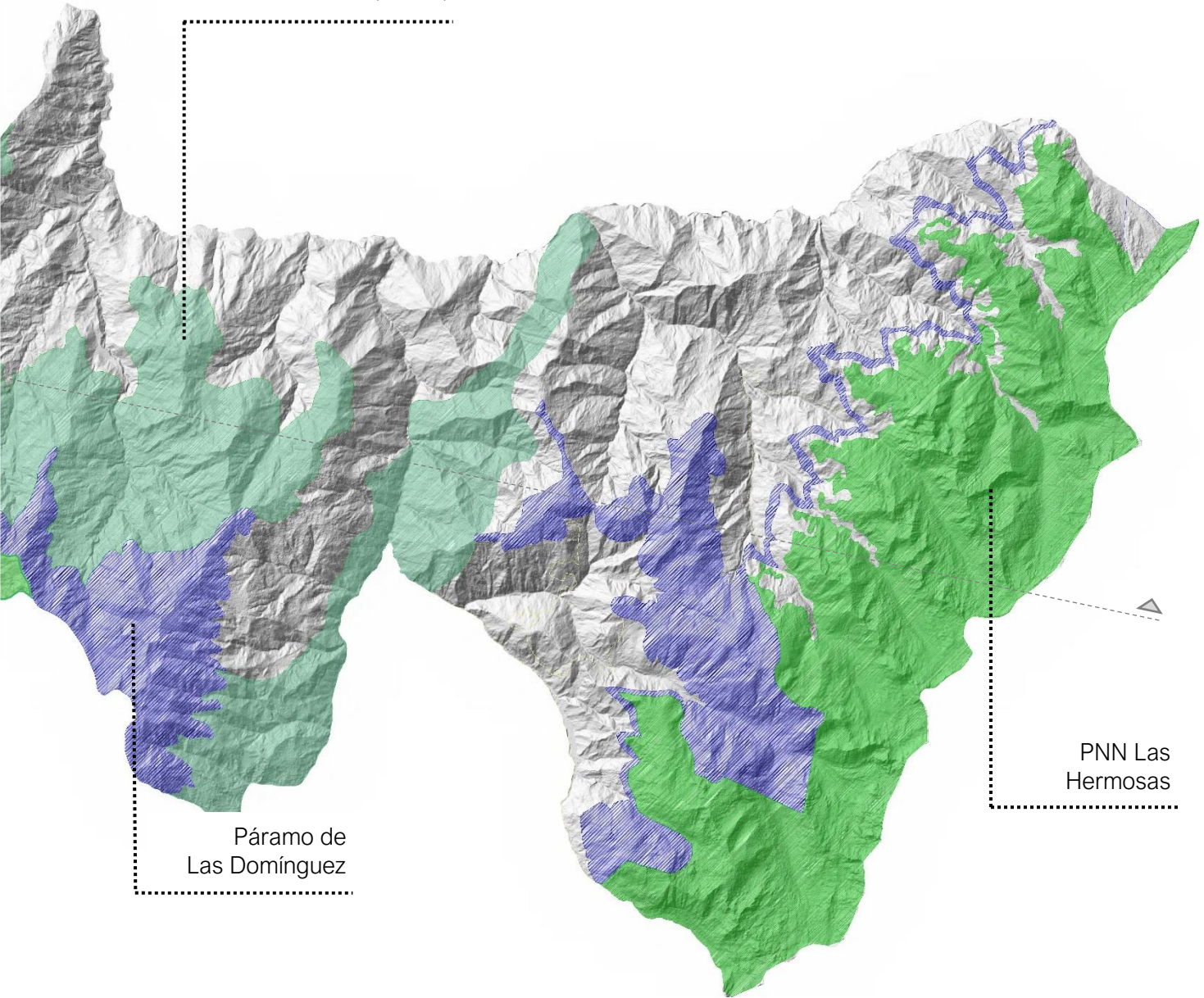
Figura 4. Contexto Ambiental del Municipio

4.000 msnm  
 3.000 msnm  
 2.000 msnm  
 1.000 msnm





Corredor de  
Protección (POTD)



Páramo de  
Las Domínguez

PNN Las  
Hermosas

4.000 msnm  
3.000 msnm  
2.000 msnm  
1.000 msnm

### **Sistema de Humedales de la Cuenca del Río Guadalajara**

Los humedales localizados en la cuenca del río Guadalajara son sistemas formados por el río Cauca y hacen parte de las áreas protegidas del valle geográfico. Debido a su formación meándrica y a la dinámica del río, a lo largo de su recorrido se forman depósitos en forma de herradura que reciben el nombre de madre viejas. Adicionalmente, se desarrollan sistemas de regulación natural de caudal de mayor área como la Laguna de Sonso y la Ciénaga el Conchal, siendo éstas las de mayor área e importancia en el valle geográfico. La cuenca cuenta con 8 humedales que cuales abarcan un total de 2,469 hectáreas.

NOMBRE DEL HUMEDAL	AREA (ha)
Madrevieja Canta Claro	7,7
Madrevieja El Burro	13,09
Madrevieja El Cedral o Sandrana	19,4
Madrevieja La Marina	16,1
Madrevieja La Trozada	18,1
Ciénaga El Conchal o Tiacuante	312
Laguna de Sonso o El Chircal	2045

*Tabla 7. Listado de Humedales en la Cuenca del Río Guadalajara*

### **Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Laguna de Sonso**

Se encuentra ubicada sobre la margen derecha del río Cauca, entre los municipios de Buga, Yotoco y Guacarí. Fue decretada como reserva natural por medio del Acuerdo CVC No. 17, de octubre de 1978 y reglamentada la utilización del suelo, agua y espacio aéreo, mediante el Acuerdo CVC No 16, de mayo de 1979. Tiene una extensión de 2.045 Hectáreas, (abarcando 14 Kilómetros cuadrados de estos municipios), de las cuales 745 corresponden a zona lagunar y 1.300 a zona amortiguadora. Se encuentra a 936 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 23°C, y una humedad relativa del 75%. La laguna es alimentada por el Cauca principalmente y por un sistema de acequias, zanjones y quebradas, entre los que se destacan: el zanjón Garzonero, quebrada Seca, y las acequias Niza, Guayabito, El Albergue, La Gloria, Guaymaral, Farallones y Sepulturas.

El DRMI Laguna de Sonso incluye el espejo de agua de la laguna y las madre viejas (paleocauces) El Burro, La Marina, Quebrada Seca y los bosques riparios del río Guadalajara, Sonso y Cauca. Actualmente, el humedal Laguna de Sonso colinda con 23 predios: 10 de ellos dedicados a la ganadería; 8, sembrados en caña; y 4 predios, destinados a la siembra de cultivos transitorios, representados en cultivos de maíz, sorgo y zapallo. Los humedales de la Reserva Natural Laguna de Sonso limitan geográficamente con los caseríos de Puerto Bertín, El Porvenir y Villa Lobín, y colindan con las haciendas Bello Horizonte y La Isabela, además, del caserío Guayabito (Bermúdez & Aguirre, 2017).

El conflicto de uso por los terrenos aledaños a los humedales ha conducido al drenaje de áreas anegadas. Entre 1986 y 1998 se registra la tasa de cambio de mayor retroceso en el tiempo de este humedal, que corresponde a una disminución del 39,11%, del área de la reserva. La situación se resume en conflictos de políticas de conservación y la utilización del suelo. Ello afecta también a las comunidades pescadoras locales y la fauna y flora objetos de la conservación (CVC, 2005).

Para la zona de reserva, antiguos bosques con doseles continuos de burilicos (*Xylopia ligustrifolia*), sauces (*Salix humboldtiana*), mantecos (*Laetia americana*) y guaduales (*Guadua angustifolia*), ya no existen. Esto afecta el propio desarrollo de varias de las especies de fauna objeto de las políticas de conservación, como el propio buitre de ciénaga (*Anhima cornuta*), una de las aves colombianas típicamente herbívora y folívora.

En el DRMI Laguna de Sonso sobreviven pocas especies arbóreas de humedales. Abunda *Erythrina fusca*, tal vez porque su madera no tiene uso estructural. Hacia las zonas del río Cauca, crecen aún los sauces (*Salix humboldtiana*), los espinos de mono o muchos (*Pithecellobium lanceolatum*) y guamos arroyeros (*Inga spuria*), junto con especies arbóreas de corta vida como chitatós (*Mutingia calabura*), martín galvis (*Senna reticulata*) y complejas asociaciones de especies herbáceas y arbustivas emergentes, vegetación sumergida, sumergida anclada en el suelo y flotante, de las cuales depende el flujo de energía en el sistema terrestre y acuático.

Humedal  
El Cedral o  
Sandrana

Ciénaga  
Tiacunte

Madrevieja  
Cantaclaro

Sistema de  
canales de riego  
agrícola

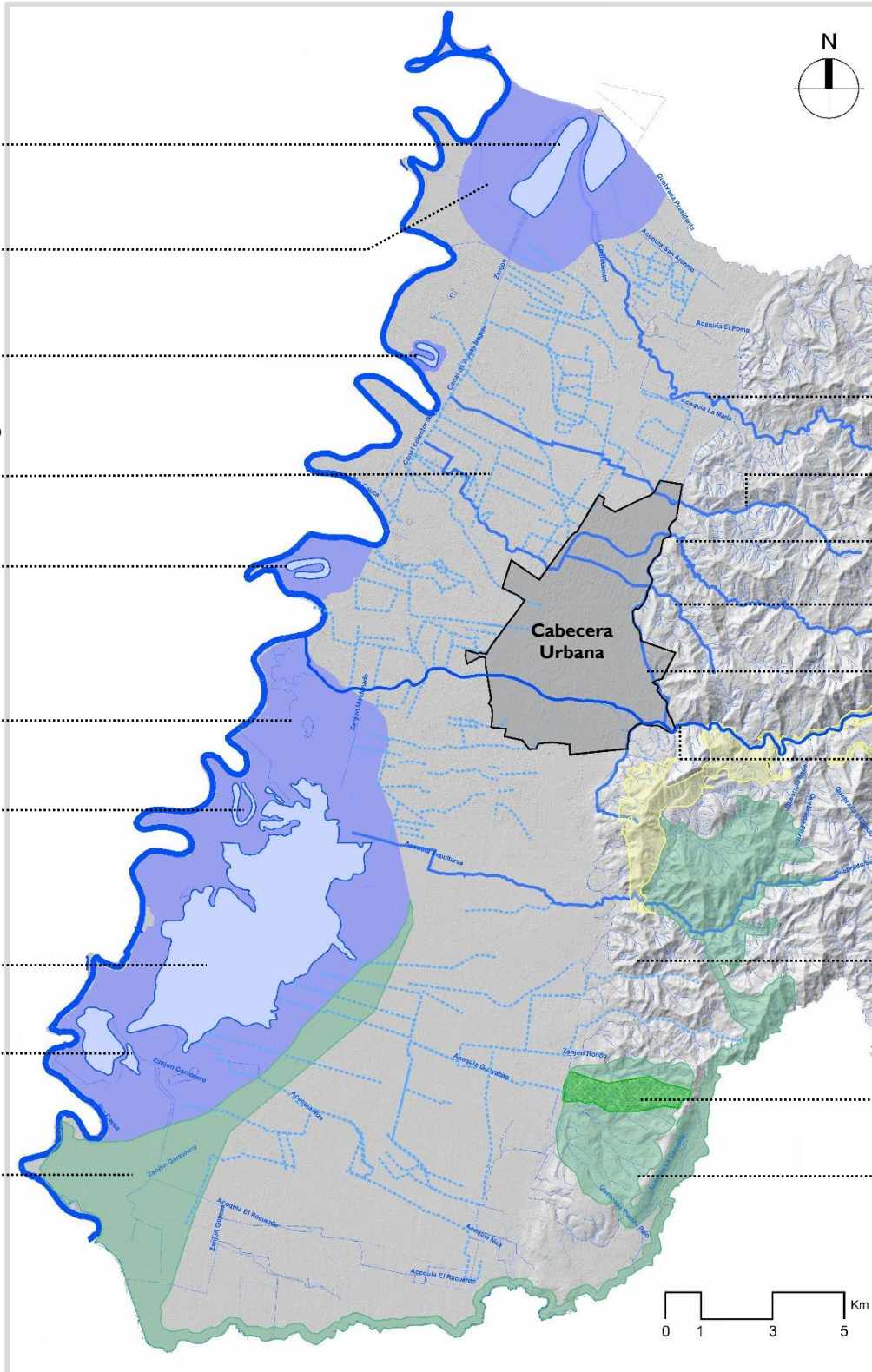
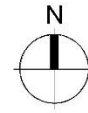
Madrevieja  
La Trozada

Zona de  
Regulación Río  
Cauca (POTD)

Madrevieja  
La Marina

Ciénaga El  
Chircal o Sonso

Corredor de  
Protección  
(POTD)



Acequia  
La María

Quebrada  
Lechugas

Quebrada  
Honda

Quebrada  
Varelas

Acequia El  
Chambimbal

Río  
Guadalajara

Corredor  
Mixto  
(POTD)

PNR  
El Vínculo

Figura 5. Contexto Ambiental de la Cabecera Urbana





### **Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP)**

Los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) son aquellos elementos que, haciendo parte del sistema de espacio público, se encuentran relacionados con las áreas para la conservación y preservación del sistema orográfico o de montañas, áreas para la conservación y preservación del sistema hídrico y áreas de especial interés ambiental, científico y paisajístico. (Decreto 1077 de 2015)

Tomando como base la caracterización ambiental de la cabecera urbana de Guadalajara de Buga (CVC, 2020a), se identificaron las áreas de Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) pertenecientes a las franjas protectoras de rondas hídricas, humedales y zonas verdes con importancia ecosistémica dentro del perímetro urbano. Las áreas ENEP identificadas están localizadas a lo largo del río Guadalajara, la acequia Chambimbal, quebrada Honda, zanjón Lechugas y Barrio Santa Rita. Dentro de las áreas ENEP, se clasificaron de acuerdo a su cobertura de suelo en tres categorías: 1) preservación (con cobertura arbórea), 2) restauración (sin cobertura arbórea) y 3) construido (con edificaciones o pavimentos), como se presenta en la siguiente tabla. En el caso del río Guadalajara se incluye el cauce del río (6.85 ha) dentro de las áreas de preservación.

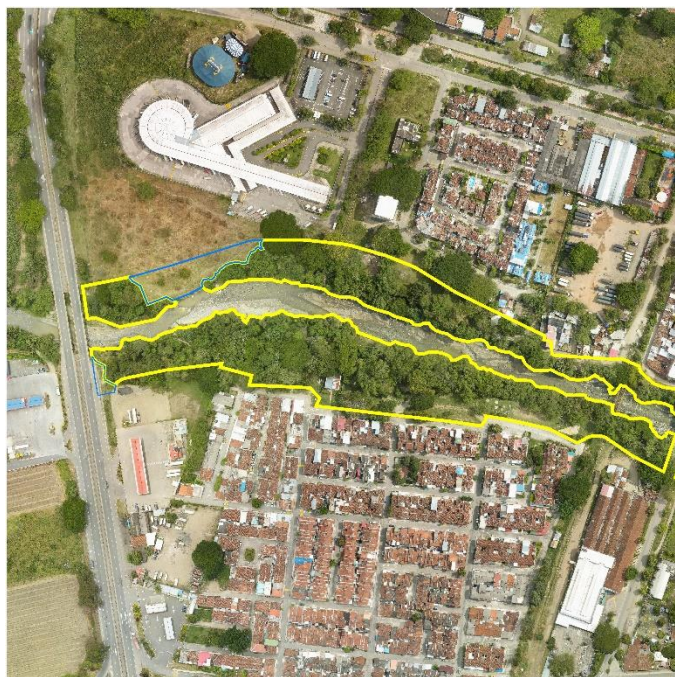
ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO (ENEP)	ÁREAS (ha)			
	TOTAL	PRESERVACIÓN	RESTAURACIÓN	CONSTRUIDO
Río Guadalajara	32.67	28.17	3.01	1.49
Acequia Chambimbal	14.28	12.09	1.97	0.22
Quebrada Honda	11.03	5.77	4.95	0.31
Zanjón Lechugas	2.62	2.51	0.11	0
Barrio Santa Rita	4.58	2.22	2.1	0.26
<b>TOTAL AREAS ENEP</b>	<b>65.18</b>	<b>50.76</b>	<b>12.14</b>	<b>2.28</b>
<b>PORCENTAJES</b>	<b>100%</b>	<b>78%</b>	<b>19%</b>	<b>3%</b>

*Tabla 8. Clasificación de las Áreas ENEP en la Cabecera Urbana*



Figura 6. Localización de Áreas ENEP en la Cabecera Urbana

Río Guadalajara



Río Guadalajara



Río Guadalajara

Figura 7. Áreas ENEP. Sector Occidental Río Guadalajara

Río Guadalajara



Río Guadalajara



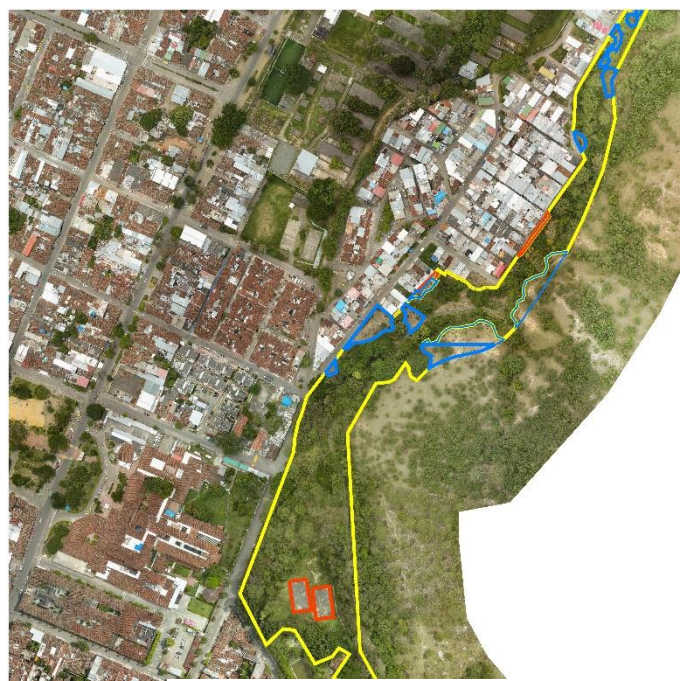
Río Guadalajara

Figura 8. Áreas ENEP. Sector Oriental Río Guadalajara

Acequia Chambimbal



Acequia Chambimbal



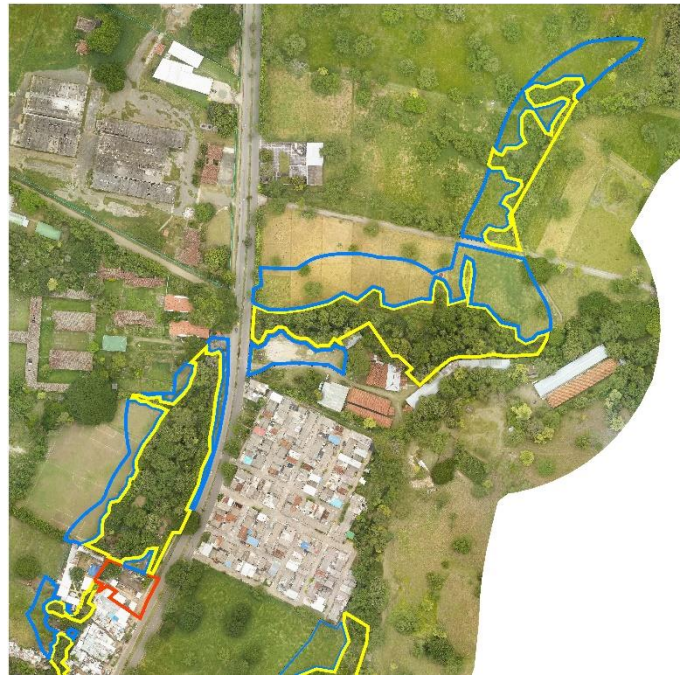
Acequia Chambimbal

Figura 9. Áreas ENEP. Acequia Chambimbal

Acequia Chambimbal, Quebrada Varelas



Quebrada Honda



Quebrada Lechugas

Figura 10. Áreas ENEP. Quebradas Varelas, Honda y Lechugas

Quebrada Honda, sector oeste



Barrio Santa Rita



Figura 11. Áreas ENEP. Quebrada Honda y Barrio Santa Rita





### **3.3. COMPONENTE URBANO**

#### *Caracterización del Tejido Urbano*

El centro histórico de Guadalajara de Buga es la generatriz del trazado urbano y al mismo tiempo lo que se percibe como imagen simbólica de El Centro. El desarrollo urbano inicial se encuentra emplazado sobre un terreno relativamente plano en sentido norte-sur y con una ligera pendiente en sentido oriente-occidente. Hacia el sur y occidente está constituido por bordes claros: el río Guadalajara y la vía Férrea. Al norte y oriente sus límites son más difusos debido a que, durante un largo periodo, se mantuvo el patrón de crecimiento por adición de manzanas.

La expansión hacia el norte del centro histórico, específicamente en los actuales barrios Sucre, Santa Bárbara, La Revolución, El Molino y El Carmelo, sigue un patrón similar, aunque presenta algunas diferencias en la dimensión de algunas manzanas. Hacia el sur del centro, se encuentran los barrios Estambul y El Carmelo, donde se pueden observar sutiles variaciones en el trazado urbano debido a la adaptación al antiguo cauce del Río Guadalajara.

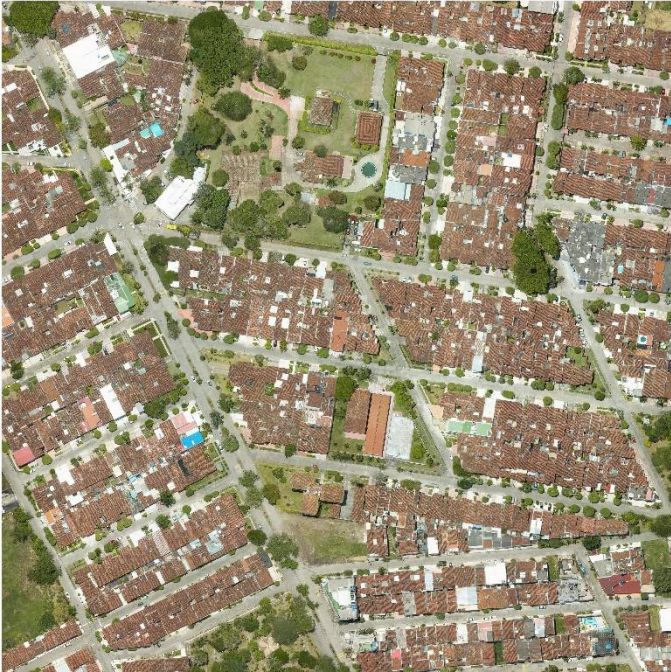
Al norte de la ciudad, el crecimiento ha tenido como barrera en las últimas décadas la doble calzada Buga-Tuluá. Esta expansión ha mantenido el trazado reticular regular con una disminución paulatina del tamaño y forma de las manzanas. Los Barrios Popular, María Luisa de la Espada, prácticamente dividen en dos la manzana tradicional para una organización más eficiente del loteo que pasará de tendencia cuadrado a rectangular alargado, y posteriormente a una organización más libre buscando la provisión de espacios abiertos dentro de ellas (Barrio El Jardín). Mas al norte se encuentra la urbanización Balboa, con un manzaneado francamente lineal y desarrollos de manzanas cuadradas muy pequeñas en comparación con el manzaneado original.

La expansión hacia el sur del área se inicia una vez que se cruza la frontera del río Guadalajara. En esta zona, se pueden apreciar cambios tanto en la disposición de las calles como en el tamaño y forma de las manzanas urbanas. A diferencia del centro histórico, donde las manzanas presentan una forma cuadrada, en esta zona de expansión hacia el sur se observa una notable variación en la forma de las manzanas. Estas no siguen el patrón regular característico, sino que muestran una tendencia hacia un diseño más lineal.

Sector Centro Histórico



Sector Sur Comuna 6



Sector Este. Comuna 1

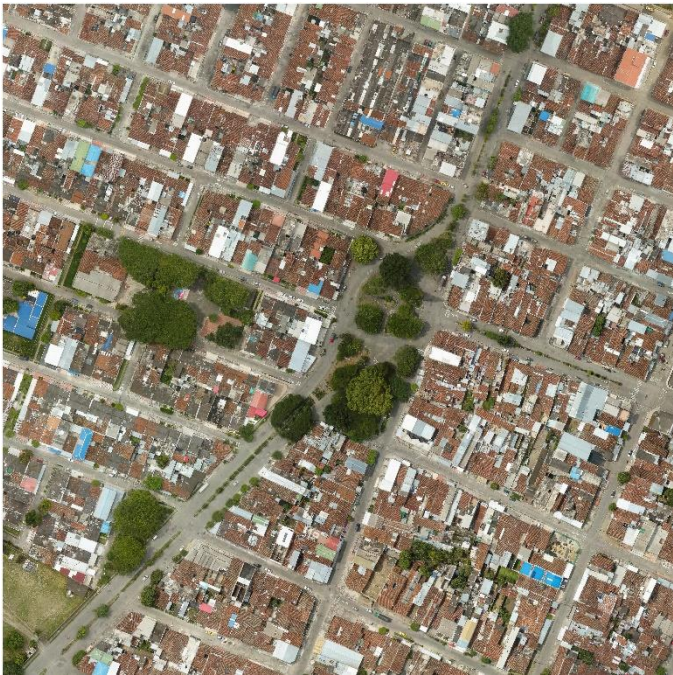
Figura 12. Análisis del Tejido Urbano

El crecimiento hacia el oriente tiene dos modalidades: Una en el terreno plano con un manzaneo rectangular, pero de una trama, no busca tener continuidad sino una disposición similar a supermanzanas con espacios abiertos internos a ellas. La otra modalidad se da en la ocupación de piedemonte, limitada por prestación de servicios, situación que mantiene como política el PBOT de 2000. El principal desarrollo en este caso es el Barrio Alto Bonito, donde se observa la tendencia al manzaneo rectangular algo alargado, cuya disposición es dar el lado más corto sobre las carreras y el lado más largo sobre las calles, facilitando así la disposición de un alcantarillado sin servidumbres.

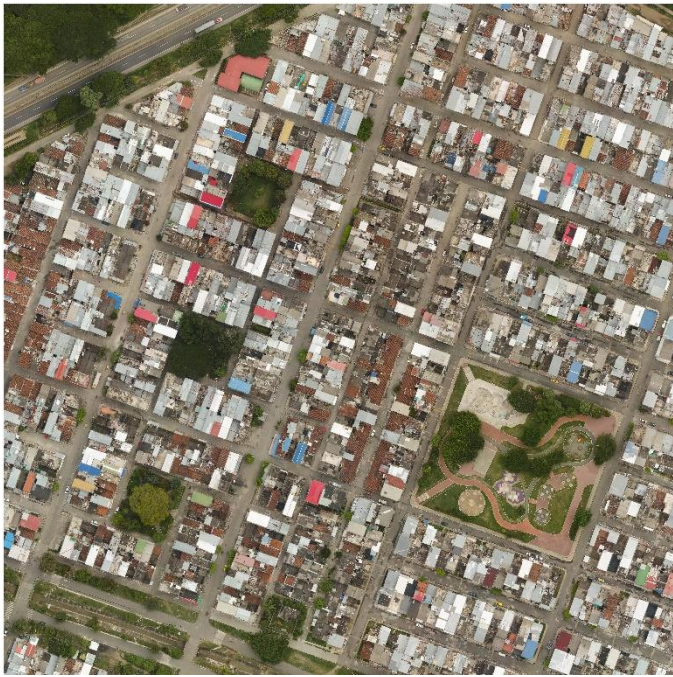
En la ocupación hacia el occidente se pueden identificar dos momentos. El primero, cuando se supera la barrera de la línea férrea. Este caso tiene como elemento detonante la apertura de la Calle 4ª o Av. Cabal Pombo como vía monumental de acceso a la Basílica del Señor de los Milagros, y más al sur, aprovechando presencia de la Calle 1ª Sur y su intersección con la con la Carrera 24. El segundo momento, cuando se supera la barrera de la doble calzada Buga-Tuluá. Este desarrollo abandona la continuidad de las calles, por la supresión de algunos enlaces, manteniendo en líneas generales la trama reticular ortogonal.

En síntesis, el caso de Guadalajara Buga es similar al de otras grandes ciudades del Valle del Cauca mayores de los 100.000 habitantes, donde la aparición de barreras como el río dio lugar a cambios en el tejido urbano. Hacia los años 30 y 40 del siglo pasado, esta barrera se convirtió en un dominio urbano o espacio medular de la ciudad. Debido a su tamaño poblacional y la dinámica del crecimiento urbano en Guadalajara de Buga, se han generado dos fenómenos: 1) la disminución del tamaño de las manzanas y su tendencia a hacerse más lineales, con loteos de menos profundidad que las manzanas tradicionales y, 2) la disminución de enlaces entre vías, bien por supresión o conversión en vías peatonales.

Sector Norte. Comuna 3



Sector Este. Comuna 2



Sector Norte. Comuna 5

Figura 13. Análisis del Tejido Urbano

## ***Análisis del Espacio Público***

Los espacios públicos de Guadalajara de Buga se ven influenciados en gran medida por las modalidades establecidas en las Leyes de Indias, específicamente la plaza y la plazoleta, que son dos formas básicas que determinan su jerarquía, configuración y ubicación espacial. No obstante, a lo largo del tiempo han surgido nuevas modalidades que personalizan estos espacios y están vinculadas con estilos urbanísticos distintos al período colonial.

Entre estas nuevas modalidades de espacio público, encontramos aquellas que se originan a partir de la apertura de frentes hacia el río, caracterizadas por un enfoque republicano, así como la Avenida del Señor de los Milagros, que posee una estética más moderna. Además, en tiempos más recientes, han surgido las denominadas "áreas de cesión pública" en urbanizaciones y conjuntos residenciales, que presentan características propias y se enmarcan en otro tipo de ordenamiento.

Por lo anterior, no es posible hablar de un sistema de espacios públicos, sino de una sumatoria de espacios con distintos niveles de importancia. El único sistema de espacios públicos como tal es el del casco histórico y parte del casco consolidado de la ciudad hasta la mitad del siglo XX. Los restantes son espacios públicos, parques del ámbito urbano, de comuna o simplemente parques o zonas verdes del ámbito local, con un fuerte carácter de barrio en urbanizaciones y/o conjuntos.

En la mayoría de los casos, los desarrollos urbanísticos demandan más espacio público al aumentar su densidad, pero este es exigido por la norma en función del porcentaje de área por desarrollar, lo cual genera un incremento paulatino del déficit de espacio público efectivo por habitante. Otro hecho que gravita negativamente sobre la existencia el incremento del espacio público es el deterioro de algunas zonas fundamentales como son la plazoleta de la Galería Central y la ocupación de parte del eje monumental de la Basílica del Señor de los Milagros. A continuación, se describen algunos espacios públicos significativos.

### ***Parque José María Cabal***

Este parque es la generatriz del tejido urbano y se encuentra inscrito dentro de la retícula regular que da origen a las carreras con orientación norte sur y a las calles a la orientación oriente-occidente. A principios de siglo XX, el espacio abierto de plaza cambia y se crea un parque, en un comienzo abierto y ajardinado que se transforma en 1929 como el Parque Cabal arborizado.



*Figura 14. Localización Parques y Zonas Verdes Públicos en la Cabecera Urbana*

### **Parque Bolívar**

Tiene una forma cuadrada, no tiene una definición de paramentos por ser parte integrante de la ronda del río Guadalajara, pero está inmerso en un área arborizada. Por su génesis y tratamiento, puede asimilarse a un espacio del período republicano. Las edificaciones más destacadas de su entorno son el Hotel Guadalajara y el Hostal del Corregidor.

### **Parque Ricaurte**

Localizado entre las calles 8 y 9 y las carreras 17 y 18. Espacio arbolado, paramentado en su perímetro. Por su tratamiento es un espacio que corresponde a la forma urbanística tradicional del área central. La edificación relevante de su entorno es el cementerio.

### **Parque de la Revolución**

Localizado entre las calles 11 y 12 y las carreras 2 y 3. Su frente sobre la Carrera 3 tiene un piso duro destinado a canchas deportivas y al oriente presenta arborización. El parque tiene un uso mixto deportivo y contemplativo en parte y en su costado norte un espacio para puestos de venta estacionarios. Las calles 11 y 12 conforman un separador amplio arbolado y parcialmente ajardinado.

### **Plazoleta de Lourdes y la Basílica del Señor de los Milagros**

Este espacio ha tenido un proceso de cambio morfológico que comienza con la construcción de una ermita colonial que desaparece para dar lugar a la actual Basílica del Señor de los Milagros. Este templo da lugar a la creación de una plazoleta, que posteriormente desaparece inmersa en la construcción de una Avenida Monumental que remata en el frente de la Basílica. Su perímetro está arbolado con un tratamiento de piso duro en su parte central.

### **Plazoleta del Ferrocarril**

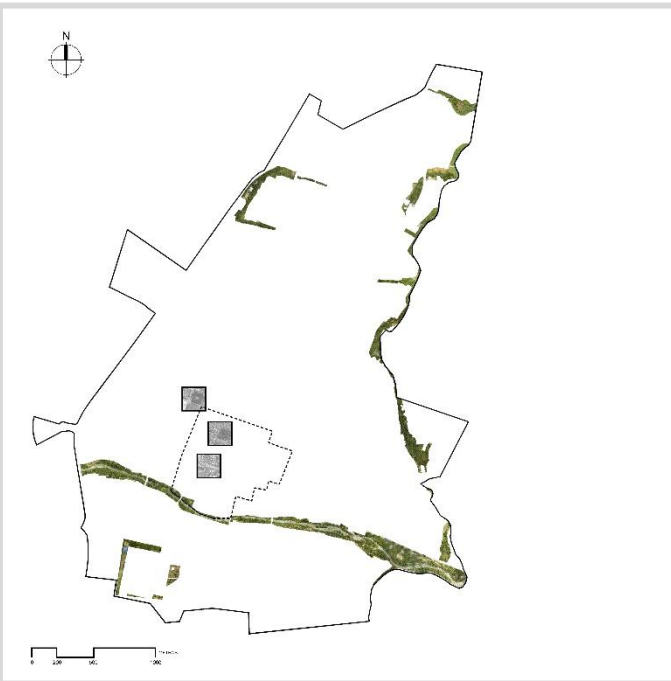
Esta plazoleta no se corresponde con espacios propiamente coloniales, su aparición se remonta prácticamente a la segunda década del siglo pasado y sirve de antesala a la Estación del Ferrocarril.

### **Plazoleta de Santo Domingo y la Alcaldía**

Elementos dominantes de este espacio son la Iglesia de Santo Domingo y la Alcaldía. La iglesia pertenece al período republicano con un modelo tipológico de carácter historicista ecléctico. El tratamiento del espacio abierto tiene un potencial por la presencia de la Alcaldía, que maneja también un lenguaje historicista y que, con sus aislamientos laterales, se constituye en un espacio urbano valioso del centro histórico de la ciudad.



Parque de la Revolución

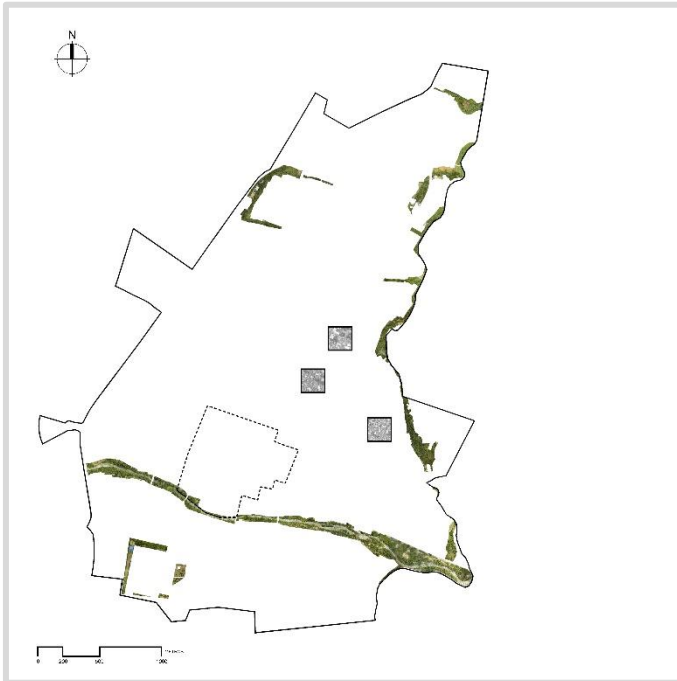


Parque Ricarte

Parque Bolívar

Figura 15. Análisis del Espacio Público

Parque de la Revolución



Parque Ricaurte



Parque Bolívar

Figura 16. Análisis del Espacio Público 2



### 3.4. COMPONENTE DE PAISAJE

El paisaje es una de las características principales que definen la identidad de un territorio y representa uno de sus valores fundamentales. En el entorno urbano, el paisaje se define como el resultado perceptual y sensorial de la interacción entre factores naturales y culturales. El paisaje urbano de Guadalajara de Buga es un elemento fundamental del patrimonio local que se ha construido a lo largo del tiempo, como resultado de la interacción entre naturaleza y cultura. Este paisaje es un factor clave en la formación de la cultura y la identidad de la ciudad.

El propósito del análisis del paisaje de la cabecera urbana de Guadalajara de Buga es identificar tanto sus potencialidades como deficiencias mediante la comprensión de su estructura físico-espacial y la identificación de sus aspectos formales, perceptuales y estéticos. Para llevar a cabo este análisis, se utiliza una metodología que se basa en la identificación de unidades de paisaje en la cabecera urbana, las cuales se definen por las siguientes características visuales y perceptuales:

- **Paisaje inmediato:** se trata de aquellos elementos que se encuentran en la inmediata proximidad al observador, y que conforman el primer plano visual. Además de la vegetación, se puede incluir otros elementos como las estructuras urbanas y arquitectónicas, los materiales de construcción, la señalética y la iluminación, entre otros. Cada uno de estos elementos puede tener un impacto importante en la percepción visual y estética del entorno urbano.
- **Paisaje lejano:** se refiere a los elementos que se encuentran en la distancia y que forman parte del horizonte visual. Estos elementos pueden ser naturales o antrópicos, y pueden incluir montañas, cuerpos de agua, edificios emblemáticos, monumentos y otros elementos que se pueden observar desde la cabecera urbana. Estos elementos pueden tener un impacto significativo en la percepción del espacio y en la orientación del observador, además de contribuir a la identidad del territorio.

El análisis del paisaje es un elemento clave para la elaboración de lineamientos que permitan potenciar la imagen del paisaje en el contexto del diseño e intervención de los Espacios Naturales de Espacio Público (ENEP) y el arbolado urbano. En la Figura 17 se muestran las unidades de paisaje identificadas, seguidas por los resultados del análisis de paisaje.

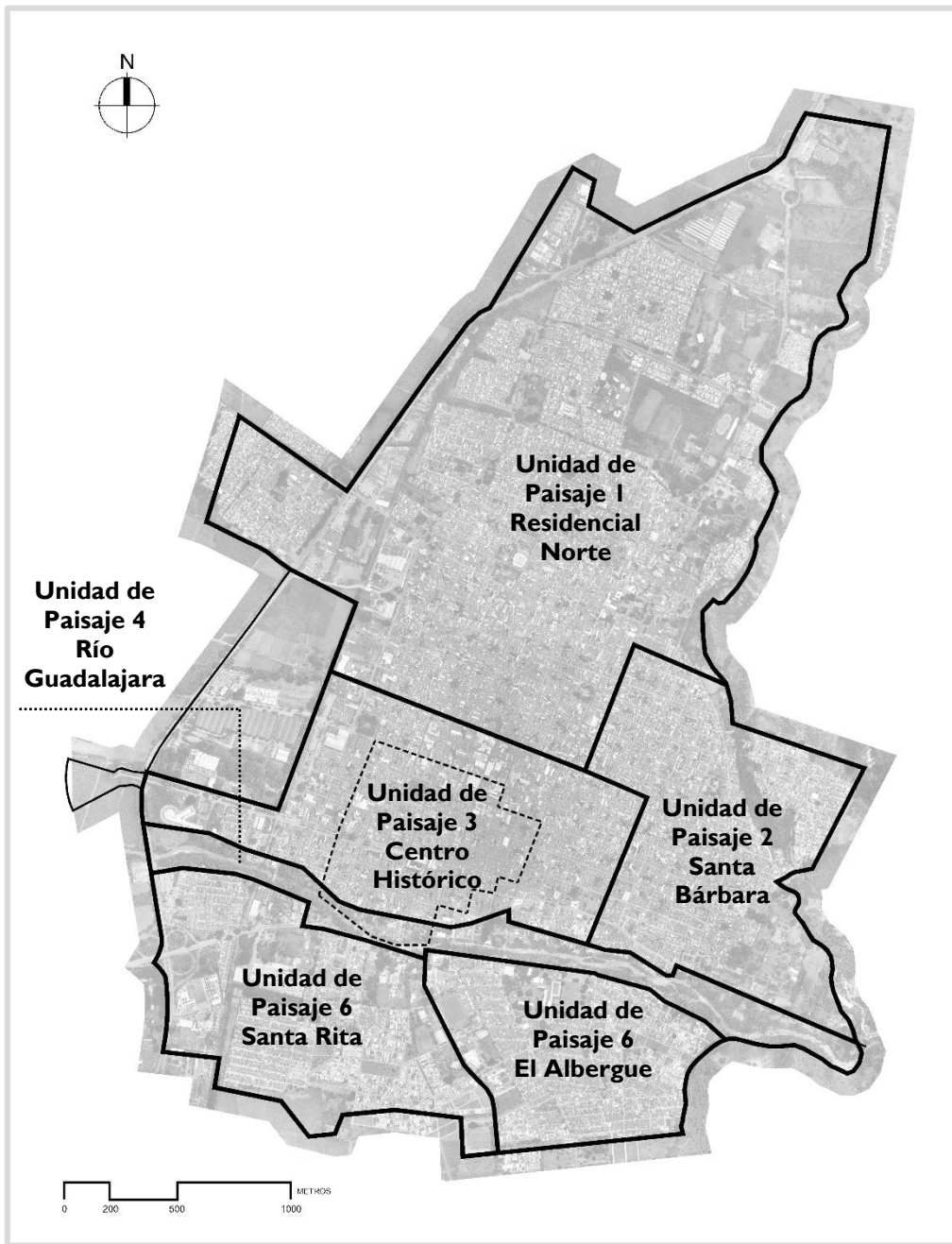


Figura 17. Localización de las Unidades de Paisaje

## ***Unidad de Paisaje 1***

### *Residencial Norte*

Esta unidad de paisaje se presenta un relieve es plano, una temperatura promedio de 27°C y un viento predominante del suroeste. En las tardes, la radiación solar afecta las edificaciones, debido a la escasez de vegetación. Por el contrario, en el parque María Luisa de la Espada hay varias especies de árboles tales como Samán, Guayacán, Acacia, Araucaria y Palmas. Además, la cobertura de grama es insuficiente. Existen pequeñas franjas de vegetación alrededor de los canales de drenaje urbano y en los antejardines de la Iglesia del Divino Niño hay árboles de Ébano y Almendro.

Predominan las edificaciones de un solo piso, con una arquitectura actual que conserva los techos de teja de barro, generalmente de color blanco, con tonalidades claras y ocres. Las calles y los andenes están pavimentados en concreto y no hay antejardines. El parque es duro en un 50%. En la zona también se encuentra la iglesia El Divino Niño, así como una minorista de mercado.

Se trata de un área residencial con servicios comerciales disponibles para los locales, que alberga a personas de todas las edades. Se caracteriza por la tranquilidad y la escasa concurrencia a los espacios públicos, donde se pueden observar a las personas desde sus viviendas. El parque y la zona del mercado son los lugares más habituales. La contaminación visual se ve exacerbada por las líneas eléctricas aéreas. Debido a la ausencia de vegetación y la materialidad del suelo, el calor se siente de manera más intensa.

La visual es cerrada por las manzanas, pero una de ellas se abre para dejar paso al parque, en donde las visuales se abren hacia las cordilleras. Hacia el occidente, se puede apreciar la majestuosa cordillera Central que otorga una maravillosa vista, mientras que al oriente se encuentra la cordillera Occidental que complementa el panorama. Finalmente, desde las cercanías de las carreras 14 y 15, se puede admirar la imponente cúpula de la Basílica que constituye un hito arquitectónico de gran belleza.

## ***Unidad de Paisaje 2***

### *Santa Bárbara*

Esta unidad de paisaje se caracteriza por presentar un relieve plano, con una ausencia notable de antejardines y vegetación en las calles. Sin embargo, cuenta con pequeños parques y dos de mayor formato: el parque Santa Barbara y el parque La Revolución, los cuales son un importante aporte de vegetación. Las especies arbóreas más predominantes son el ficus benjamín, el caucho, la araucaria, la palma del viajero y la palma botella, junto con arbustivas como el philodendron selloum, la azulina, la cordelyne y la durante. En el parque La Revolución, además de estas especies, se encuentran el carbonero y la acacia, así como otros de porte pequeño, como el amancayo, el ébano, el habano, la veranera y la durante.

La arquitectura popular de esta zona se caracteriza por sus casas de uno y dos pisos de teja de barro y tapia, con cubierta escondida. Los colores predominantes son el blanco, el crema y los tonos ocre. El concreto es el material predominante en el espacio público. El parque Santa Bárbara y La Revolución cuenta con pisos de tablón de concreto, bancas de metal y madera; y una infraestructura recreativa deportiva, que incluye canchas, juegos y una pista de skate también de concreto.

El parque La Revolución es usado tanto para uso residencial como comercial, siendo los servicios residenciales su principal uso. Personas de todas las edades se reúnen aquí para realizar ejercicios deportivos, incluyendo canchas múltiples y de fútbol, una pista de skate y juegos infantiles. Además, hay una escuela de artes para los jóvenes. Al lado del parque se ha establecido un mercado al aire libre que atrae a mucha gente.

Las visuales lejanas ofrecen una impresionante vista de la Cordillera Central. Sin embargo, estas visuales se ven afectadas por la ocupación de vivienda informal en la zona de piedemonte, donde se encuentran colinas con un alto valor paisajístico. Esta ocupación informal trae como consecuencia el deterioro de la identidad visual del municipio, afectando el paisaje natural del piedemonte.

### ***Unidad de Paisaje 3***

#### *Centro Histórico*

Esta unidad de paisaje se caracteriza por la presencia de arborización de todos los estratos en los parques José María Cabal y Ricaurte, la cual incluye árboles como el caucho benjamín, carbonero, almendro, acacia rubiña, ébano, lluvia de oro, clavellino, araucaria y palmas. El parque Ricaurte se distingue por sus imponentes arboles como el samán, ceiba, carbonero gigante, tulipán africano y otros de mediano porte como el gualanday, casco de buey y palma botella. Esta arboleda predomina en tonalidades verdes y hay una ligera presencia de duranta limón, con un 60% de cobertura en grama.

En la plaza de la Basílica los árboles aparecen puntuales en zonas blandas, marcando un eje peatonal. Ébanos, flor de reina, guayacán, acacia, samán y palmas: manila, botella y zancona son algunos de los árboles que allí se encuentran. Estos se acompañan de arbustos como durantas, azulina y cooperli, así como de grama que cubre algunas zonas. En las calles cercanas al centro histórico se encuentra escasa vegetación, pero hay presencia de ébanos, palmas arecas y pequeñas zonas blandas que necesitan mantenimiento.

La arquitectura de esta unidad de paisaje es una mezcla de estilos coloniales y republicanos, que se aprecia de manera particular en los edificios emblemáticos de la ciudad. La Alcaldía, el Palacio de Justicia, la Basílica del Señor de los Milagros, la Catedral de San Pedro, la Iglesia Santo Domingo y el Teatro Municipal son algunas de las construcciones más destacadas. Los parques Cabal, Ricaurte y la Plaza de la Basílica se caracterizan por tonos blancos y terrosos, con un pavimento de ladrillo o concreto, así como bancas de madera y forja.

La arquitectura del parque Ricaurte no se conserva como en el resto de la unidad de paisaje. Hay presencia de bodegas y vivienda, predomina el ladrillo a la vista y el gris y blanco en las viviendas. En la zona de la Basílica las edificaciones no pasan de 2 pisos, con color predominante blanco. Hay calles importantes de perfil con calzada reducida y andén amplio en adoquín de ladrillo (calle 6). La carrera 13 está intervenida desde la calle 7, pero cuando pasa por detrás de la Basílica (calle 4) tiene un desarrollo nuevo con un perfil vial similar pero un tratamiento peatonal en adoquín en concreto, manejo de pompeyanos, zonas blandas, mobiliario y las redes de infraestructura enterradas.





Figura 18. Arquitectura del Centro Histórico

El uso en el Centro Histórico es mixto pero zonificado: en el parque Cabal y sus alrededores hay uso comercio, institucional gubernamental y religioso; en la Basílica hay comercio relacionado al tema religioso y turístico; en el parque Ricaurte residencial y talleres. Se percibe cómo el uso residencial convive con lo comercial e institucional para generar una vida urbana agradable y variada.

Los parques son muy concurridos por los mismos habitantes. El Parque Cabal tiene mucha dinámica: personas de todas las edades, familias, pensionados, aves, palomas especialmente, ardillas e iguanas, se usa mucho la bicicleta, comercio ambulante de café, helados, chontaduros, etc. se siente muy tranquilo y no se percibe el ruido del comercio y los vehículos por lo densa de la vegetación. La zona de la Basílica es altamente frecuentada por visitantes; los espacios de permanencia bajo la sombra son frecuentados. En general es muy tranquilo y seguro. No hay presencia de agentes contaminantes, visualmente es afectado por el cableado de redes aéreas.

La visual lejana es cerrada entre la retícula de las calles. Las cordilleras occidental y oriental enriquecen la experiencia de las calles. Las carreras, por el contrario, se perciben más monótonas y sin referente visual. Desde los diferentes puntos también resalta la cúpula de la Basílica y las palmeras que configuran la peatonal al igual que la vegetación de alto porte de los parques.



*Figura 19. Parques del Centro Histórico*

## **Unidad de Paisaje 4**

### *Río Guadalajara*

Esta unidad de paisaje presenta un relieve suavemente ondulado en la vía y los andenes, con una temperatura promedio de 24°C y un viento predominante del suroeste. El río Guadalajara se muestra en diferentes formas, desde tramos cercanos hasta una zona verde con amplio espacio alrededor. Al cruzar los cambios de nivel, el río produce un sonido potente, especialmente durante la temporada de lluvias. Por las tardes, la vegetación en el corredor del río brinda una agradable sombra refrescante.

La vegetación se distribuye en varios estratos, siendo los árboles de dosel, como el samán, el caucho, el flamboyán y la palma zancona, los más predominantes. El sotobosque está compuesto por especies como el guayacán, la acacia amarilla, la leucaena, la plumería y el ébano. Además, se pueden encontrar plantas ornamentales, como la veranera, el cooperli, la durante, la lengua de suegra, el croto, el camarón y la toscana, que añaden un intenso color verde al área.

La arquitectura de las viviendas de dos pisos generalmente se distingue por tonalidades claras, como el blanco y el crema. Entre los Bienes de Interés Cultural (BIC) se encuentran el Parque Bolívar, el Monumento al Faro y el Hotel Guadalajara. Las vías y los andenes están pavimentados con concreto. En el malecón del río Guadalajara, hay un parque equipado con máquinas de ejercicio y bancos prefabricados. Los habitantes han decorado el lugar de diversas maneras, haciéndolo muy acogedor. Además, el Parque Bolívar cuenta con un paso pompeyano que conecta con la Carrera 13, así como varios puentes que unen ambas orillas del río.

El parque lineal del río Guadalajara es más concurrido en las áreas donde hay espacios más amplios de zona verde. Es un lugar tranquilo con un clima muy agradable gracias a la vegetación circundante. La vista a lo lejos se ve cerrada en perspectiva entre los edificios y la vegetación del río. Hacia el norte se puede apreciar la cúpula de la Basílica del Señor de los Milagros, mientras que hacia el este y el oeste se encuentran las respectivas cordilleras.

## ***Unidad de Paisaje 5***

### *Santa Bárbara*

Esta unidad de paisaje se caracteriza por un relieve plano, una temperatura promedio de 27°C y viento proveniente del oeste. En algunos antejardines se puede encontrar vegetación aislada como ébano y palma areca, así como también algunas plantas ornamentales como duranta, veranera y carey. En ciertos espacios se destaca la presencia de vegetación espontánea como leucaena, mientras que el sol golpea fuertemente en las fachadas de las viviendas, siendo posible reducir este efecto al incorporar vegetación en los antejardines. En el parque de la urbanización Santa Rita (área ENEP), se destacan especies tales como guadual, guayacán, gualanday, samán, ébano, almendro, lluvia de oro, amancayo y leucaena, con una cobertura gramínea del 100%. Por último, se desarrolla actualmente un proyecto de vivero comunitario.

Esta unidad de paisaje presenta una arquitectura residencial de 1 y 2 pisos, con techos ocultos hechos de teja de barro y colores predominantes de blanco y crema. El uso del suelo es residencial y también hay parques deportivos y recreativos para población de todas las edades, especialmente familias. El concreto es el material que predomina en el espacio público. Las calles se sienten tranquilas. El Parque Santa Rita es muy popular entre los jóvenes debido a sus actividades recreativas, canchas y áreas de esparcimiento. Aunque está rodeado por una industria, no se percibe contaminación y la vegetación disminuye su impacto visual.

Las visuales lejanas están dominadas por las cordilleras, con la solemne Cordillera Occidental al occidente y los campos de caña extendiéndose en el horizonte. El paisaje es una mezcla de colores y texturas, desde la exuberancia verde de la vegetación del parque Santa Rita hasta la imponente presencia de la Cordillera con distintos tonos de azul en el paisaje lejano.

## ***Unidad de Paisaje 6***

### *El Albergue*

Esta unidad de paisaje se caracteriza por ser un terreno plano, con una temperatura promedio de 25°C y vientos predominantes provenientes del oeste. Los barrios se encuentran en proceso de desarrollo, y aún hay terrenos disponibles para la construcción de viviendas. Estas viviendas cuentan con antejardines y zonas verdes en los andenes, lo que contribuye a una mejor calidad ambiental en el entorno. En el espacio público, destacan las palmas arecas, los ébanos, y en menor medida, especies como el almendro y el pino libro. Además, se pueden encontrar varios equipamientos educativos y culturales que añaden superficie verde y mejoran la calidad ambiental de la unidad de paisaje.

El uso del suelo residencial también incluye parques recreativos y deportivos, que son disfrutados por personas de todas las edades, especialmente las familias. La arquitectura predominante en la zona consiste en edificios de uno y dos pisos, con techos de barro y colores como el blanco y el crema que resaltan en la mayoría de las construcciones. Esto crea un ambiente acogedor y cálido para los habitantes. Además, esta configuración arquitectónica permite una integración armoniosa entre los edificios y el entorno, ya que no obstruye las vistas cercanas del piedemonte.

Las vistas cercanas de esta unidad de paisaje están dominadas por el piedemonte de la Cordillera Central, donde se pueden apreciar las hermosas montañas que conforman este sistema colinado. El tamaño adecuado de las calles, la presencia de zonas verdes y antejardines permiten que los residentes de la zona disfruten de las maravillosas vistas de la cordillera, lo cual es un elemento importante que caracteriza la identidad paisajística de esta unidad.



*Figura 20. Parque José María Cabal*

### 3.5. CENSO ARBÓREO

Durante el período comprendido entre el 1 de julio y el 15 de agosto de 2021, se actualizaron un total de 18.828 individuos en la cabecera municipal, de los cuales 771 corresponden a tocones y muertos. Esta cantidad corresponde a la totalidad de individuos identificados en el perímetro urbano, siendo inferior en 679 registros reportados en la base del censo de 2017 (Lerma, et al., 2008). A continuación, se presenta una síntesis de los resultados del censo arbóreo. El documento completo del censo arbóreo de Guadalajara de Buga es uno de los productos del Convenio 141 de 2020.

Durante el transcurso de la actualización del censo arbóreo, se encontró que la mayoría de los individuos se encuentran vivos con un total de 16.696 registros equivalente al 88,7% del total de árboles actualizados. Por otro lado, se encontró que el estado de desarrollo menos frecuente fue Muerto con 280 individuos, con un porcentaje del 1,5% de la cobertura arbórea censada (Tabla 14). Sin embargo, este panorama es de alerta, dado que para el 2017 la cantidad de individuos muertos era de 118 individuos y considerando en la actualidad la presencia muerte de individuos, individuos talados (tocón) e individuos ausentes, la pérdida asciende al 10,9% de individuos en menos de 4 años.

Durante la actualización se identificaron 1.361 individuos ausentes, equivalente a 7,2% de la cantidad total de registros. En muchos casos se evidenciaron restos de tejidos o raíces, mientras que en otros se encontraron evidencias por intervención humana en la impermeabilización de superficies o apropiación del espacio público. Esto establece una alerta para el municipio, teniendo en consideración que la pérdida de individuos por ausencia es casi 5 veces mayor que la pérdida por procesos naturales (individuos muertos).

ETAPA DE DESARROLLO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE
Vivo	16.696	88,7%
Ausente	1.361	7,2%
Tocón	491	2,6%
Muerto	280	1,5%
<b>TOTAL</b>	<b>18.828</b>	<b>100%</b>

*Tabla 9. Condición del Arbolado en la Cabecera Urbana*





### Composición Florística

En la cabecera urbana de Guadalajara de Buga se identificaron 220 especies y 61 familias, equivalente a 18.696 individuos vivos, excluyendo individuos ausentes al momento de la revisión (1.361 individuos) y tocones y muertos (771 registros). Entre las especies que se destacaron por presentar mayor número de individuos y abundancia relativa fueron: Ébano falso *Geoffroea spinosa* Jacq. con 3.199 individuos (19,19%), seguida de Leucaena *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit con 1.217 individuos (7,29%), Palma areca *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf con 1.097 individuos (6,57%), Chiminango *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. con 873 individuos (5,23%) y Palma navidad *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. (5,16%). En la Tabla 10 se presenta el listado de las 40 especies más abundantes en la cabecera urbana del municipio.

Las familias botánicas más representativas son la familia Leguminosae con 8.171 individuos (43,7%), seguida de Arecaceae con 3.124 individuos (16,7%) y Bignoniaceae con 907 individuos (4,9%).

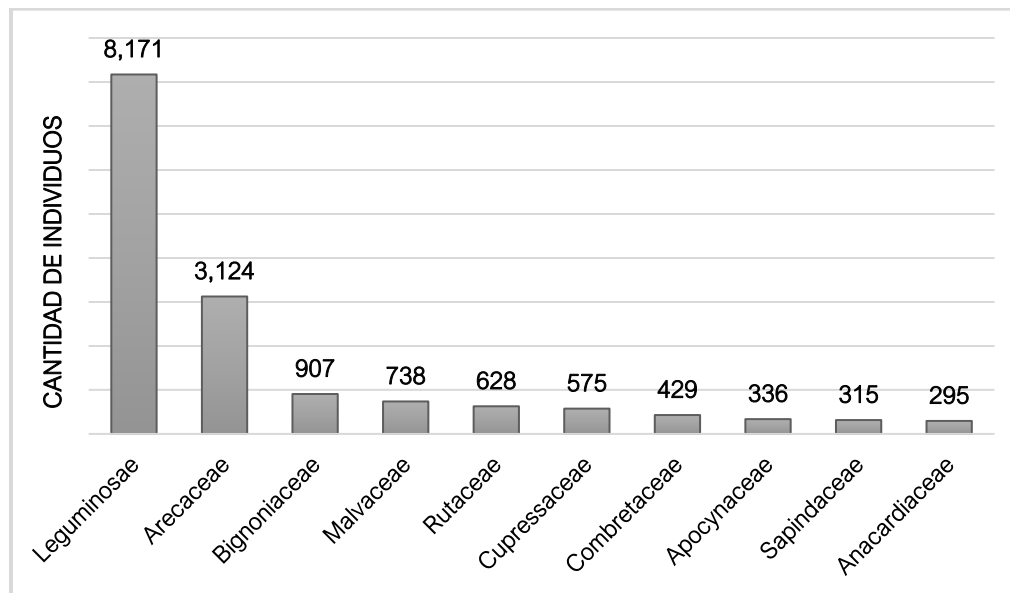


Figura 21. Familias Botánicas Representativas en la Cabecera Urbana  
Fuente: Adaptado del censo 2017 (Lerma et al., 2017).

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	No. INDIV.	ABUNDANCIA
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Ebano	Leguminosae	3.204	19,19%
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Leguminosae	1.217	7,29%
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	Palma areca	Arecaceae	1.097	6,57%
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Chiminango	Leguminosae	873	5,23%
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	Palma navidad	Arecaceae	861	5,16%
<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC	Acacia rubiña	Leguminosae	539	3,23%
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	Saman	Leguminosae	431	2,58%
<i>Platyclusus orientalis</i> (L.) Franco	Pino libro	Cupressaceae	412	2,47%
<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro	Combretaceae	393	2,35%
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	Palma botella	Arecaceae	387	2,32%
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guacimo	Malvaceae	356	2,13%
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Guayacan rosado	Bignoniaceae	285	1,71%
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Anacardiaceae	266	1,59%
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	Guayacan amarillo	Bignoniaceae	245	1,47%
<i>Annona muricata</i> L.	Guanabano	Annonaceae	235	1,41%
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	Vainillo	Leguminosae	225	1,35%
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamoncillo	Sapindaceae	218	1,31%
<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck	Limon	Rutaceae	215	1,29%
<i>Achatocarpus nigricans</i> Triana	Totocal	Achatocarpaceae	197	1,18%
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Veranera	Nyctaginaceae	197	1,18%
<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Swinglea	Rutaceae	190	1,14%
<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Arbol de la felicidad	Asparagaceae	177	1,06%
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipan	Bignoniaceae	153	0,92%
<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus	Moraceae	145	0,87%
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Clavellino	Leguminosae	129	0,77%
<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Igua	Leguminosae	124	0,74%
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	San Joaquin	Malvaceae	121	0,72%
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Acacia roja	Leguminosae	113	0,68%
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	112	0,67%
<i>Wodyetia bifurcata</i> A.K.Irvine	Palma cola de zorro	Arecaceae	110	0,66%
<i>Muntingia calabura</i> L.	Chitato	Muntingiaceae	104	0,62%
<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.	Palma sancona	Arecaceae	102	0,61%
<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	Cojon de cabrito	Apocynaceae	102	0,61%
<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Gualanday	Bignoniaceae	98	0,59%
<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco	Araucaria	Araucariaceae	90	0,54%
<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	Palma robelini	Arecaceae	90	0,54%
<i>Bulnesia arborea</i> (Jacq.) Engl.	Guayacan carrapo	Zygophyllaceae	84	0,50%
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Mirto	Rutaceae	84	0,50%
<i>Nerium oleander</i> L.	Azuceno	Apocynaceae	76	0,46%
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo	Myrtaceae	75	0,45%

Tabla 10. Listado de las 40 Especies más Abundantes en la Cabecera Urbana

### ***Distribución Espacial del Arbolado Urbano***

La mayor concentración de individuos se presenta en las comunas 4, 7 y 6 equivalente al 58% de la totalidad de individuos, mientras que la comuna 1, presenta la menor participación con 5% del total de registros (Figura 22). La zona céntrica de la cabecera municipal es donde se identifica mayor densidad de construcción y se observa una reducción de la población arbórea en el espacio público, incluyendo sectores de comunas contiguas como la comuna 5 y 4.

Para los procesos de planificación y gestión del arbolado urbano, deben priorizarse las comunas del centro tradicional que se caracterizan por manzanas cuadradas de dimensiones cercanas a los 100 m y calles estrechas con distancias entre 10 y 12 m entre paramento y paramento. Esta condición histórica del sistema de calles y manzanas tradicionales ha dificultado el establecimiento de vegetación. En las últimas décadas, el auge del automóvil y las motos ha monopolizado el uso del espacio público y menguado los pocos árboles y arbustos que sobrevivían el Centro Histórico y el tejido urbano tradicional. Hacia el norte de la cabecera urbana se observa mayor densidad arbórea por la presencia de las quebradas Honda, Varelas y Lechugas.

Para incorporar nuevo arbolado en estas áreas, se recomienda un estudio de las especies adecuadas, debido a las limitaciones de espacio aéreo y la proximidad de edificaciones y pavimentos.



Figura 22. Distribución Espacial de la Cobertura Arbórea

### ***Indicador Árboles por Hectárea***

El indicador de árboles por hectárea es un indicador de densidad, calculado por densidad de Kernel, cuya función es de validador a lo identificado visualmente en la distribución espacial. Esta técnica permite diferenciar focos de concentraciones al interior de las comunas, barrios o sectores de interés de manera cuantificable categorizando los resultados en 5 escalas: Baja densidad (menos o igual a 5 árboles por ha), Regular (entre más de 5 árboles y 15 árboles por ha), Media (entre más de 15 árboles y 35 árboles por ha), Alta (entre más de 35 árboles y 50 árboles por ha) y Muy Alta (mayores a 50 árboles por ha).

En la cabecera urbana de Guadalajara de Buga, las zonas de mayor densidad arbórea se presentan en la comuna 6 y 4, ya que son atravesadas por el río Guadalajara que alberga más de 1.000 individuos, lo que lo convierte en el factor de mayor diferenciación. Entre las zonas destacadas de la comuna 4 se encuentra el Parque Santa Rita y el Parque José María Cabal. En la comuna 6 se encuentra mayor densidad arbórea en el barrio El Albergue. En la comuna 3 se destaca el barrio Palo Blanco por su alta concentración de individuos arbóreos. La Tabla 11 presenta el indicador árboles por hectárea distribuido por comunas.

COMUNA	ÁREA (ha)	No. DE ÁRBOLES	ÁRBOLES POR HECTÁREA
1	105.8	1,364	12.9
2	110.7	747	6.7
3	177.4	2,233	12.6
4	213.5	4,998	23.4
5	232	2,454	10.6
6	120.6	4,572	37.9
Sin determinar		328	
<b>TOTAL</b>	<b>960</b>	<b>16,696</b>	<b>17.4</b>

*Tabla 11. Indicador Árboles por Hectárea por Comunas*

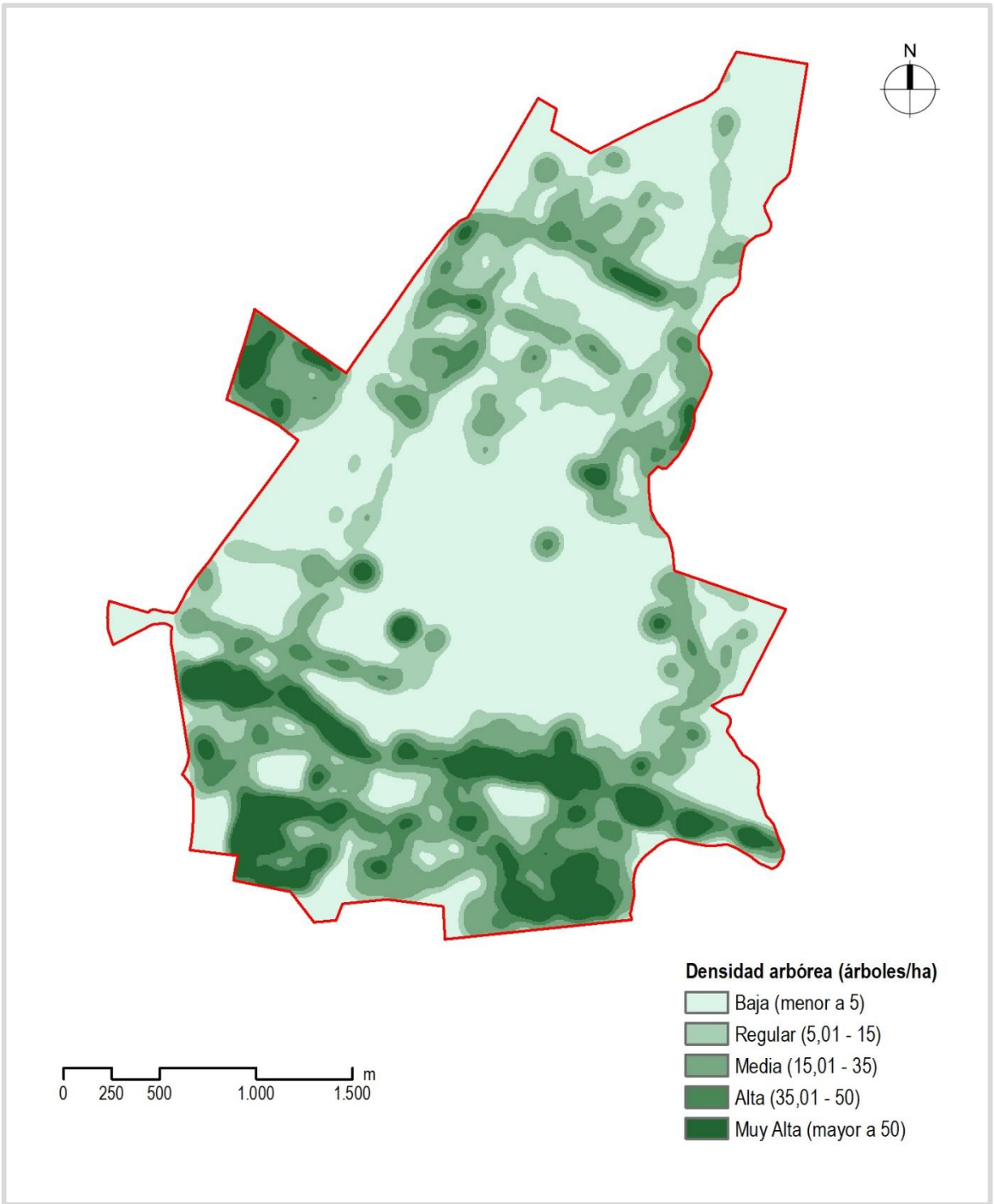


Figura 23. Indicador Árboles por Hectárea

### ***Indicador Árboles por Hectárea en la Vías Principales***

El indicador de árboles por hectárea en vías principales también es un indicador de densidad calculado por densidad de Kernel. Para ello se consideraron las vías principales determinadas en la capa de vías de la GDB de la CVC y seleccionando los individuos vivos a borde de vía, en un área de influencia de 50 m<sup>2</sup>.

La mayor concentración de individuos se presenta entre la calle 1 sur y la calle 3 este, que conduce a la vía Buga-Ginebra. En este tramo se pueden identificar focos de concentración superiores a 27,7 individuos por área, al igual que la mejor conectividad entre individuos. Otras vías con gran concentración de individuos son la carrera 16 y la carrera 18. En contraste, las vías con más interrupciones en la conectividad entre individuos se presentan sobre la carrera 8, desde la calle 16 N hasta la calle 4.

En general, se identifican vías con variaciones en la densidad de árboles propensas a identificar entre 0 y 14 árboles en zonas continuas urbanizadas y mayor concentración de árboles en zonas menos urbanizadas. Por lo que, a través del indicador, se resaltan las zonas sin individuos que requieren ser reforzadas en la búsqueda de establecer corredores de conectividad entre la zona rural con la zona urbana o zonas de importancia ecosistémica atravesados por el casco urbano, como el río Guadalajara, el Parque Santa Rita, entre otros.



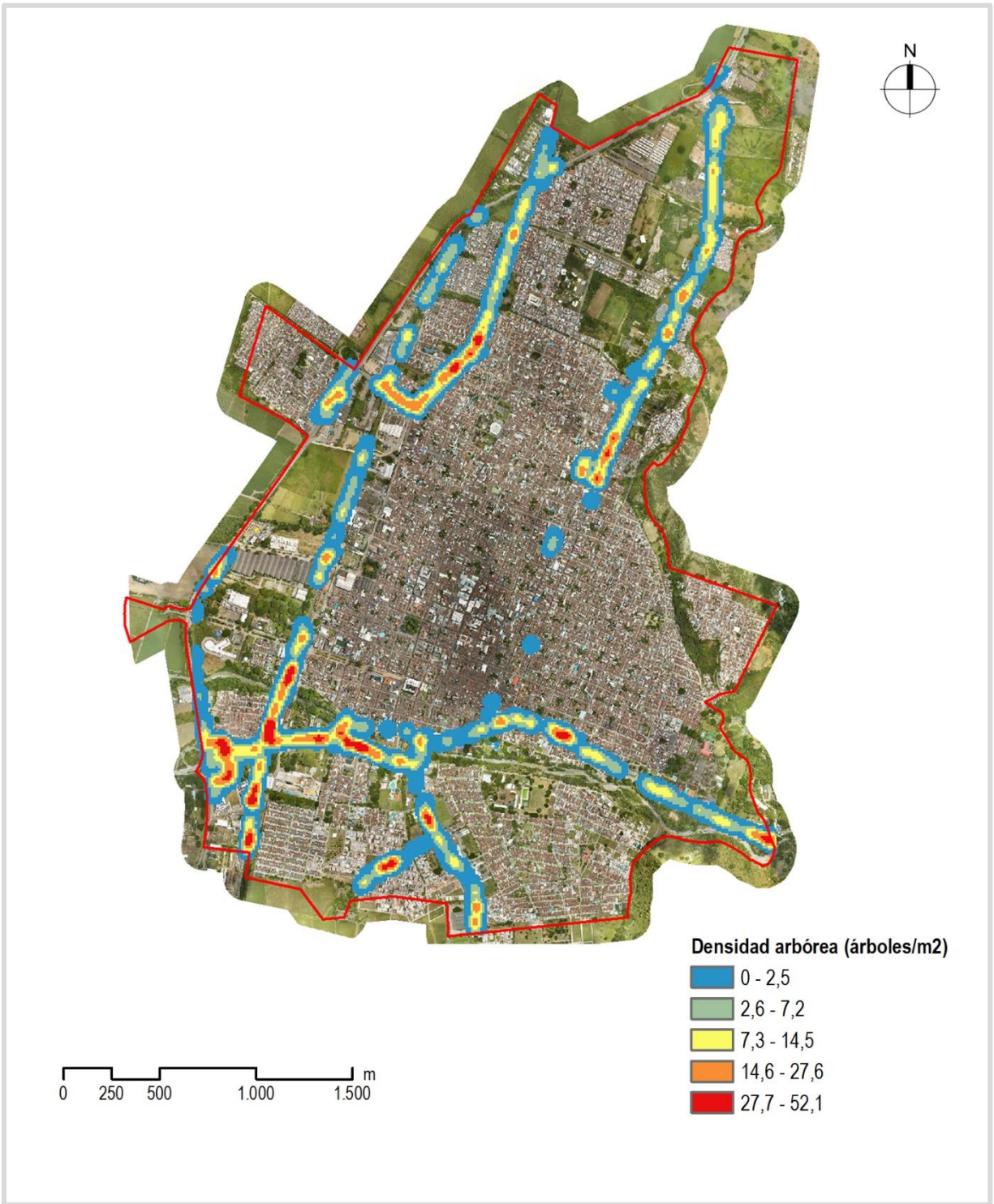


Figura 24. Indicador Árboles por Hectárea en la Vías Principales

### ***Indicador Habitantes por Árbol (Comuna)***

Este indicador relaciona el número de habitantes (96.239) y la cantidad de árboles (16.696 individuos vivos) al menor nivel de detalle, equivalente a 5.76 habitantes por árbol en la cabecera municipal. Para este caso se tuvo en cuenta información poblacional del DANE (2018), el perímetro urbano extraído del POT (Acuerdo 068 de 2000) y el censo actual.

Las categorías fueron definidas teniendo como base media la proporción recomendada por la Organización Mundial para la Salud (OMS) de 3 habitantes por individuo arbóreo, siendo el mejor escenario la categoría Baja con relaciones inferiores 1,5 habitantes por cada árbol (equivalente a 3 habitantes por cada 2 árboles) y siendo el escenario más crítico en la categoría Muy Alta (más de 12 habitantes por árbol).

La Figura 25 presenta la distribución del indicador sobre cada una de las comunas. A nivel general, la mayor cantidad de comunas se establece entre las categorías Alta (entre 5 y 11,9 habitantes por árbol) y Muy Alta (más de 12 habitantes por árbol). Cuatro de las ocho comunas se clasifican en estas categorías, lo que establece un panorama de alerta por el nivel de población. En los casos de las comunas 2 y 5, las concentraciones de individuos arbóreos no compensan con la cantidad de habitantes. Dicha situación se asocia a que son comunas con predominio de superficies impermeables en el espacio público. Por otro lado, se refuerza lo identificado en la comuna 2 con la baja densidad arbórea, siendo una de las comunas más crítica en la categoría Muy Alta (más de 12 habitantes por árbol), mientras que las comunas 6 y 4 se establecen son las mejores categorizadas con nivel Regular.

Dicho panorama establece una ruta de priorización de comunas donde se requiere mejorar la cantidad de individuos y la relación habitantes por árbol, iniciando por las comunas más críticas. Sin embargo, lo recomendado para este indicador es aumentar el nivel de detalle. Para el caso de Guadalajara de Buga se permite llegar a barrio, donde se identifican las diferencias al interior de las comunas. De igual manera, se debe tener en consideración que este indicador es el reflejo del contexto local, donde se presenta un desarrollo urbano intensivo con la impermeabilización generalizada y limitadas zonas verdes en espacio público disponibles para el establecimiento de nuevos individuos. En este caso, la recomendación es modificar los perfiles de las calles para incluir al menos una franja de 1,5 m. de zona verde, en la cual se pueda establecer vegetación arbórea.

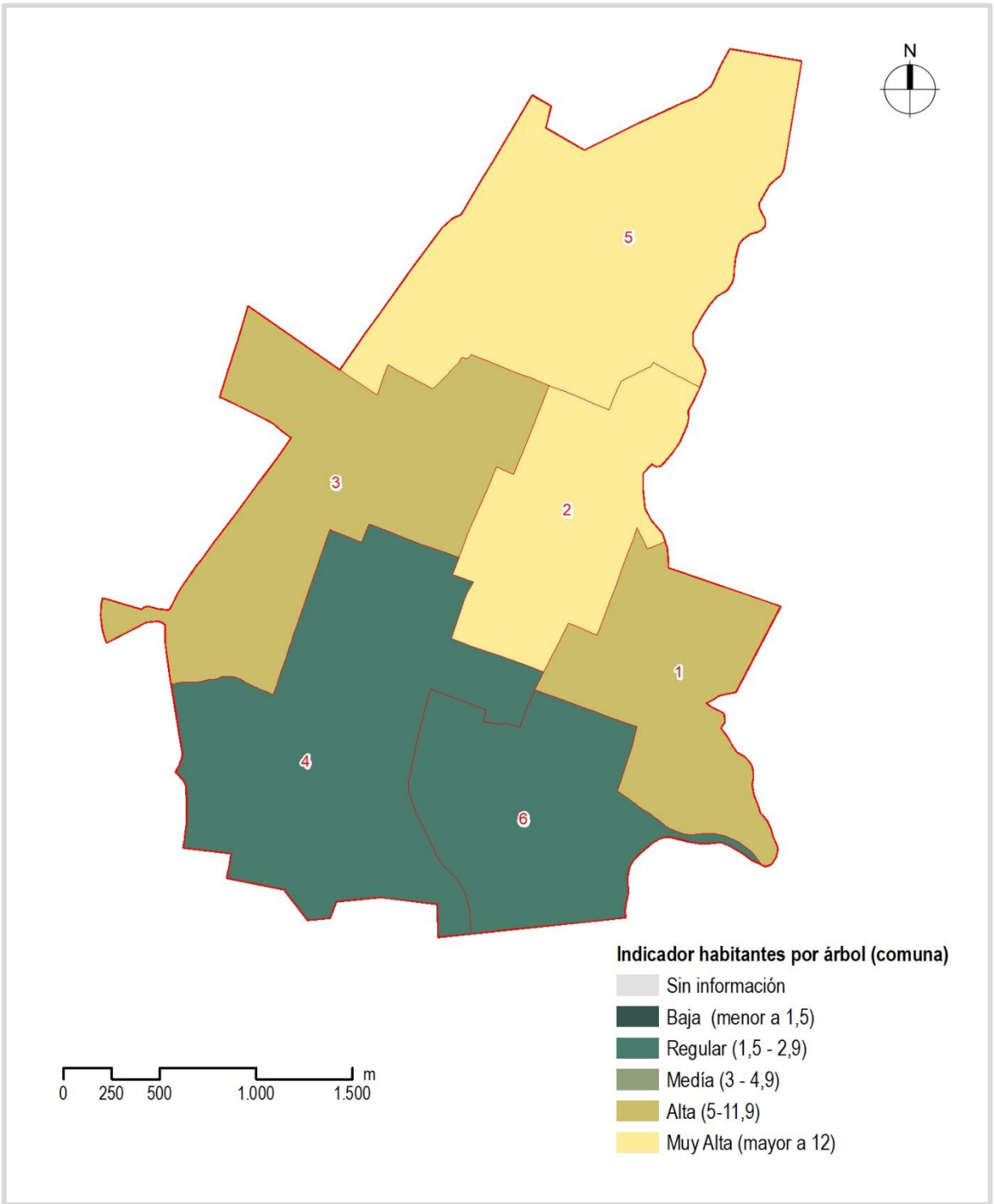


Figura 25. Indicador Habitantes por Árbol (Comuna)

### ***Indicador Habitantes por Árbol (Barrio)***

De los 36 barrios identificados para Guadalajara de Buga, 3 barrios están clasificados como Baja (8%), 4 barrios en categoría Regular (11%), 7 en categoría Media (19%), 7 en categoría Alta (19%), 14 barrios en categoría Muy Alta (39%) y solo 1 de los barrios (3%) quedó sin clasificación por no contar con información de habitantes y árboles (Figura 26). Entre los barrios clasificados con mejor categoría se identifican: Urbanización Portales del Río, Urbanización Prados del Sur, El Albergue en categoría Baja, seguido de Estambul, Los Ángeles, Aures y El Carmelo, en categoría Regular.

A diferencia del indicador de densidad arbórea, la población ejerce un papel importante en este indicador. Zonas consideradas de Baja densidad pueden pasar a categoría Regular o Media debido a la cantidad de habitantes a su alrededor, como se presenta en el barrio Palo Blanco, Parque José María Cabal y barrio El Jardín. También se puede presentar el efecto contrario: en algunas zonas del río Guadalajara, específicamente en el barrio Albergue y barrio El Carmelo, donde la distribución de individuos arbóreos por hectárea se consideraba Alta y Muy Alta, pero en el indicador habitantes por árbol pasa a la categoría regular y baja favorecido por la cantidad de árboles en la calle 1 sur, la vía Buga–Ginebra y la relación de habitantes según la información del censo.

Entre los barrios clasificados con peor categoría (Muy Alta) se identifican: San Antonio, Santa Barbara, Sucre, María Luisa De La Espada, El Divino Niño, Entre Valles, Popular, La Revolución, Alto Bonito, Santiago Vergara Crespo, La Honda, San Marino, Fuenmayor y Jorge Eliecer Gaitán. Siendo los barrios San Antonio y Santa Barbara los únicos que superan la franja de 100 habitantes por árbol.

Por otro lado, se debe tener en consideración que este indicador es el reflejo del contexto local, donde se presenta un desarrollo urbano intensivo con la impermeabilización generalizada y limitadas zonas verdes en espacio público disponibles para el establecimiento de nuevos individuos. Por lo tanto, cualquier tipo de intervención debe ser esfuerzos articulados entre la comunidad, la alcaldía y la autoridad ambiental.

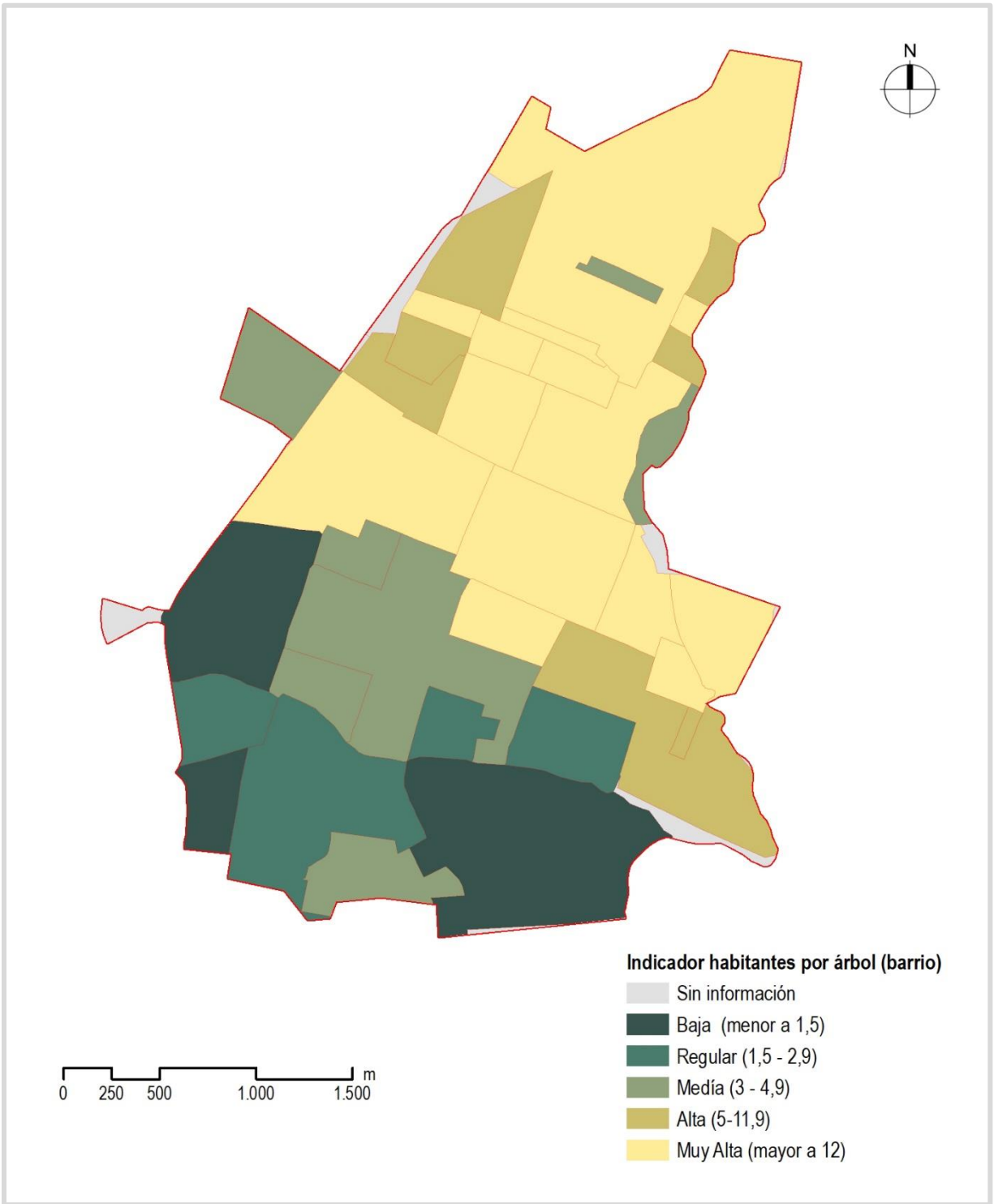


Figura 26. Indicador Habitantes por Árbol (Barrio)

### **3.6. ANÁLISIS DE ISLAS DE CALOR URBANO (ICU)**

Isla de calor urbana (ICU) es un término utilizado para describir el incremento de temperatura superficial y atmosférica, relacionado con el desarrollo urbano (Gartland, 2008). Se asocian con el desarrollo urbano, ya que el crecimiento de las ciudades ocasiona el cambio de las coberturas naturales con superficies artificiales, reduciendo la permeabilidad del suelo y con ello alterando el proceso de evapotranspiración que favorece la refrigeración del entorno, incrementan el consumo energético, la contaminación atmosférica, la contaminación térmica de cuerpos de agua y, en general, disminuyen de la calidad de vida de la población (Soto-Estrada, 2019).

Los principales efectos de la presencia de las ICU recaen directamente sobre la población, especialmente sobre la economía, la salud y la calidad del aire en la ciudad. Estudios han demostrado que donde existe presencia de una ICU el consumo energético es más elevado, ya que en estas zonas se hace necesario instalar sistemas de refrigeración en las edificaciones, lo que incrementa el costo de vida en esos sectores (Mika et al., 2018).

En cuanto a la incidencia sobre la salud de las personas, al permanecer expuestas por largos periodos de tiempo ante elevadas temperaturas conlleva a la deshidratación, calambres, golpes de calor e incluso la muerte. El efecto de ICU puede exacerbar los impactos en la salud al afectar los patrones de lluvia, empeorar la contaminación del aire, aumentar el riesgo de inundación y disminuir la calidad del agua (Heaviside et al., 2017). Sin embargo, el impacto más directo del UHI en la salud humana es a través de la exposición al aumento de la temperatura, lo que puede ser particularmente problemático en los entornos urbanos tropicales (Wong & Chen, 2008).



De los resultados obtenidos, el municipio presenta un rango de temperaturas de superficie que oscila entre los 19°C hasta los 29°C, ubicando las máximas temperaturas hacia el occidente (hacia la vía panamericana y la zona central del caso urbano), abarcando las comunas 3, 4 y 5. En contraste, las comunas 1, 2 y 6 presentan un comportamiento contrario al anterior, con temperaturas medias y bajas respecto al promedio, donde coinciden con el sur y oriente del municipio (sistema orográfico de la Cordillera Central).

Los valores del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, siglas en inglés) indican que el 29.78% del municipio se encuentra con una cobertura de suelo diferente a la vegetal, el 36.18% del área corresponde a vegetación dispersa y vegetación muy abierta y el 34.04% va desde vegetación cerrada a muy densa distribuida en ciertos sectores perimetrales del casco urbano influenciado por los corredores fluviales del río Guadalajara y quebrada La Pachita o Varelas.

Al comparar la temperatura en superficie con el NDVI, se puede apreciar que también existe una relación entre los valores de temperatura superficial y la cobertura vegetal. Sin embargo, esta relación toma mayor importancia cuando se habla de suelos edificados, ya que en estos casos la temperatura superficial se debe al desarrollo urbano, por lo cual los efectos de altas temperaturas son permanentes. Ejemplo claro de la relación que hay entre estos dos indicadores se puede apreciar en las comunas 3 y 5, donde los valores de temperatura de superficie se intensifican en sectores con un bajo NDVI, este mismo comportamiento se puede apreciar a lo largo del río Guadalajara, en donde los valores de temperatura se mantienen bajos conforme se avanza a lo largo del río sin la presencia de edificaciones.

De acuerdo con la temperatura en superficie, la cabecera urbana de Guadalajara Buga presenta temperaturas por encima del promedio en las comunas 3, 4, 5 y en menor proporción hacia las comunas 1, 2 y 6. Estos resultados tienen relación visual con el arbolado urbano del municipio: las zonas de temperaturas altas coinciden con zonas con poca o nula arborización en el espacio público. Sin embargo, hay que destacar que en el sector noroccidental de la comuna 3 se presentan valores considerablemente altos de temperatura pese ser un sector que cuenta con cerca de 1.150 árboles, en su mayoría Ébanos ubicados en antejardines. Los Ébanos, debido a su baja altura y la amplitud de su copa, no logran mitigar la ICU en la comuna 3.



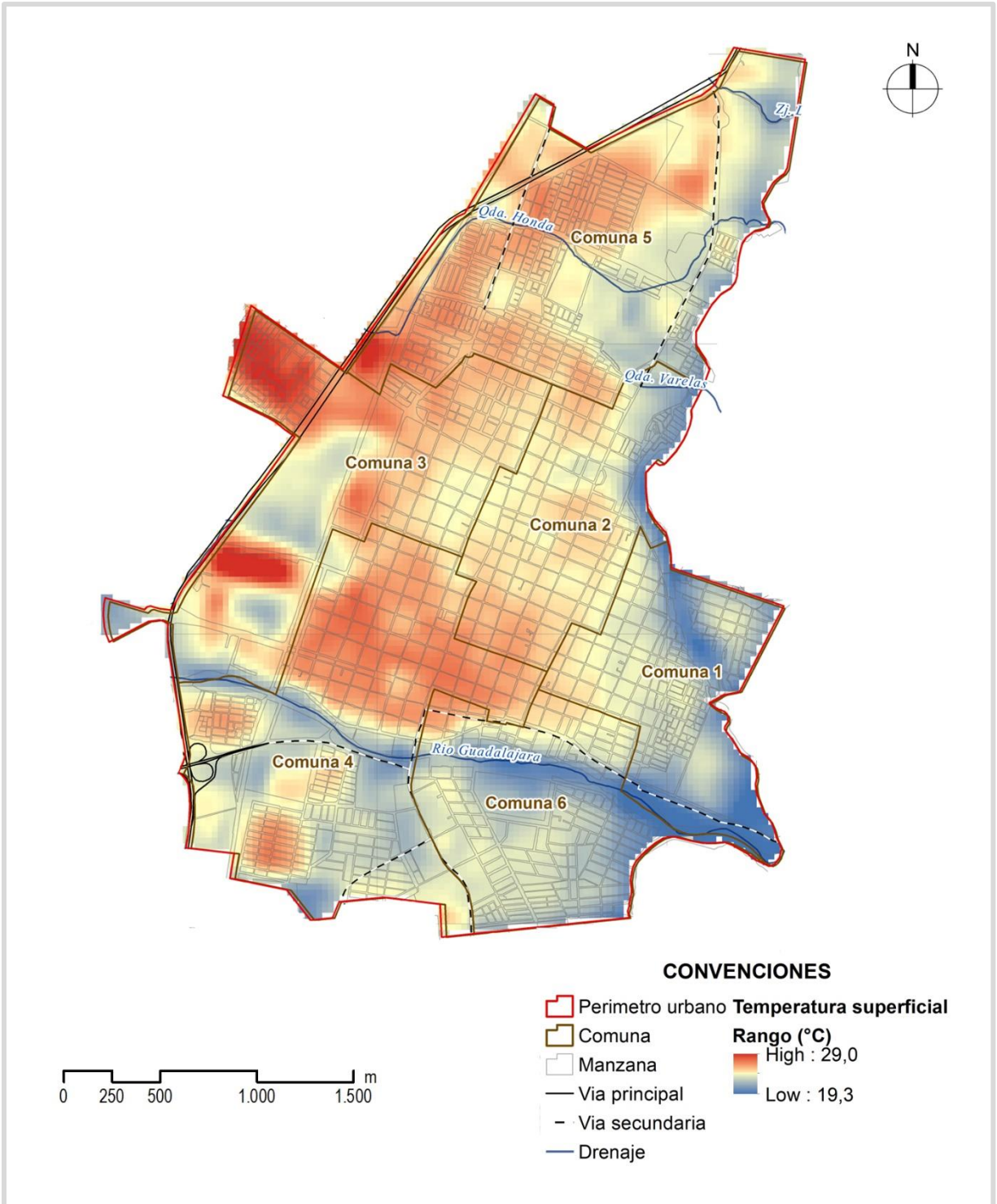


Figura 27. Temperatura en Superficie en la Cabecera Urbana

Para el municipio se desarrollan todas las categorías ICU (6), donde el 73.5% del área evaluada se encuentra en la categoría débil, el 18.3% se encuentra en la categoría moderadamente débil, el 6.2% corresponde a la categoría moderada, el 1.6% del área desarrolla una categoría moderadamente fuerte, el 0.3% del área se encuentra en la categoría fuerte y finalmente el 0.1 está en la categoría muy fuerte.

Si bien la presencia de las ICU se encuentra relacionada con el arbolado de la ciudad, es importante destacar que no es el único factor para considerar. Por un lado, la presencia de individuos arbóreos puede mitigar las ICU, pero también las actividades antrópicas pueden intensificarlas. De la imagen anterior, las comunas 3, 4 y 5 son las que mayoritariamente tienen presencia de ICU relacionadas con el tipo de uso de suelo: comuna 3, sectores definidos entre uso mixto, residencial e industrial y comuna 4, principalmente son de uso mixto y/o no residencial. Para la comuna 5, predomina el uso residencial y la concentración de ICU se desarrolla en sectores que uso no residencial.

En la ronda del río Guadalajara la presencia de las ICU se logra mitigar de forma efectiva, lo cual confirma la capacidad de los cuerpos de agua para mitigar las islas de calor urbano.

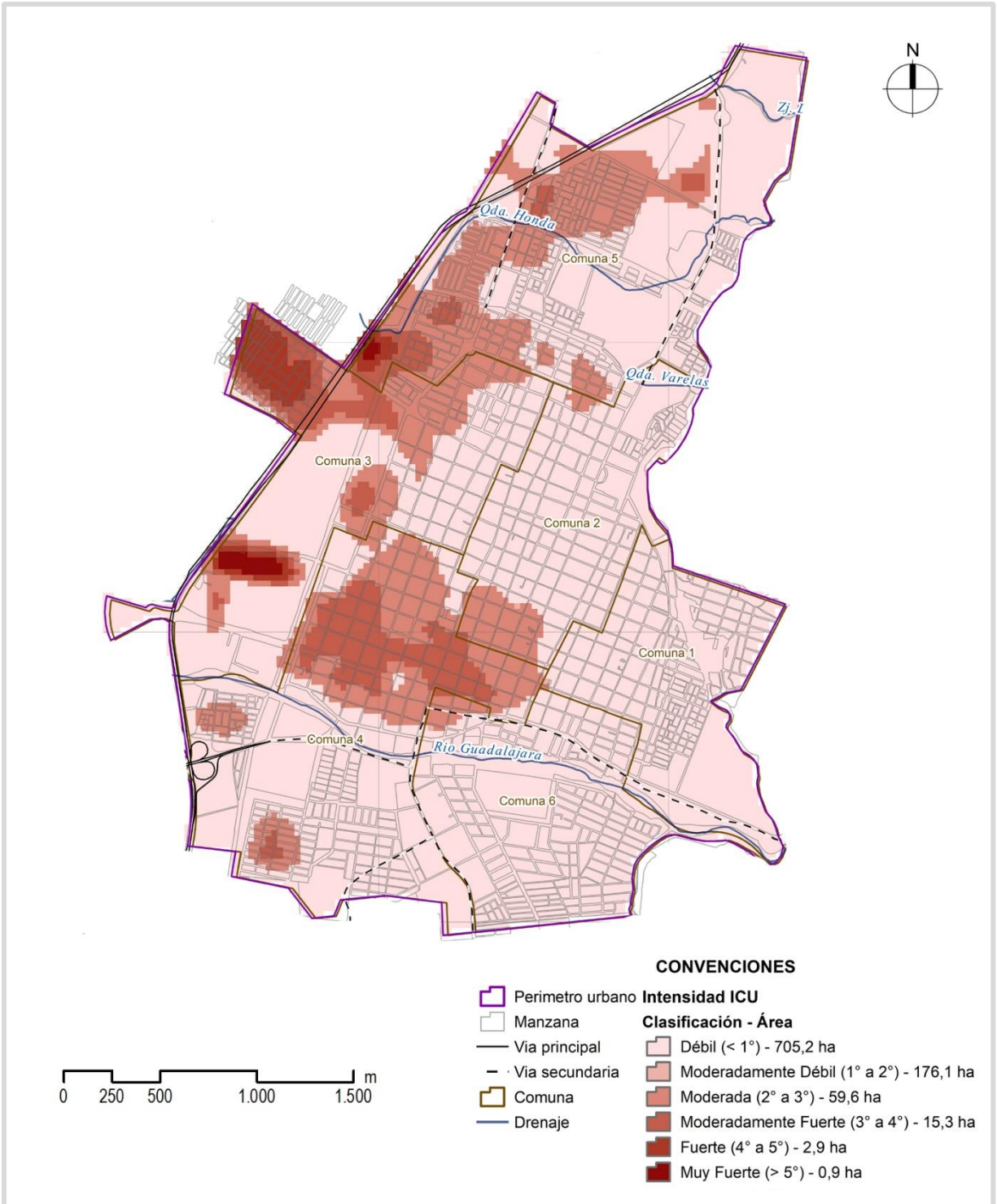


Figura 28. Islas de Calor Urbano en la Cabecera Urbana



SALA DE ESPERA  
SEGUNDA CLASE

## **4. OBJETIVOS, LÍNEAS ESTRATÉGICAS Y METAS**

En este capítulo se presentan las líneas estratégicas definidas a partir de los resultados del diagnóstico. Las líneas estratégicas agrupan los objetivos específicos del Programa de Mejoramiento del Espacio Público Natural y el Arbolado Urbano. Por cada línea estratégica se establece una línea base y se plantean metas en el mediano (2017) y largo plazo (2036). La definición de las líneas estratégicas tiene como referencia el Plan Ambiental Regional 2015-2036 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), el Programa Nacional para la Conservación y Restauración del Bosque Seco Tropical en Colombia (Minambiente, 2021), y el documento Manejo de los Elementos Naturales del Espacio Público en el Valle del Cauca (CVC, 2020).

#### 4.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del Programa de Mejoramiento del Espacio Público Natural y el Arbolado Urbano es definir lineamientos para la gestión adecuada de los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) y el arbolado urbano, que permitan fortalecer del sistema de espacio público y mejorar la calidad ambiental en la cabecera urbana del municipio.

Los objetivos específicos se agrupan en las líneas estratégicas y se definen a continuación.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
PRESERVACIÓN, RESTAURACIÓN, Y USO SOSTENIBLE DE LOS ENEP	1	Preservar y restaurar los ENEP
	2	Promover el uso sostenible de los ENEP
	3	Conectar y articular los ENEP
GESTIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	4	Aumentar el índice de espacio público efectivo
	5	Enriquecer el arbolado urbano en cantidad y diversidad
	6	Aumentar la superficie de área verde en el espacio público
ARTICULACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO CON LA GESTIÓN DEL RIESGO Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	7	Disminuir las Islas de Calor Urbano (ICU)
	8	Integrar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el espacio público

*Tabla 12. Líneas Estratégicas y Objetivos Específicos*

#### **4.2. LÍNEA ESTRATÉGICA I. PRESERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO (ENEP)**

Esta línea estratégica define acciones de sobre los ENEP identificados en el diagnóstico, tendientes a fortalecer la estructura ecológica principal de la cabecera urbana. Estas estrategias aportan a la recuperación de la composición, estructura y función del ecosistema y su biodiversidad. Las acciones orientadas a cualificar los ENEP, deben permitir el uso de las áreas por parte de la población a través de actividades compatibles con su condición de ecosistema, sin ocasionar su disminución o degradación a largo plazo. Para esta línea estratégica se definen los siguientes objetivos específicos, indicadores y metas.

	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDICADORES	UNIDAD	METAS	
				2027	2036
1	Preservar y restaurar los ENEP	Área ENEP recuperada	ha	8.0	26.0
2	Promover el uso sostenible de los ENEP	Área ENEP bajo uso sostenible	ha	4.0	13.0
3	Conectar y articular los ENEP	Corredores de conectividad implementados	km	2.4	7.8

*Tabla 13. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 1*

### **Objetivo Específico 1**

#### *Preservar y Restaurar los ENEP*

Este objetivo específico define acciones sobre las áreas ENEP, tendientes a recuperar la estructura y función del ecosistema. Las áreas ENEP identificadas en el diagnóstico se dividieron en 3 categorías, de acuerdo a la condición de su cobertura:

**Preservación:** son áreas con buena cobertura arbórea, que requieren conservar y enriquecer su condición de bosque, evitando procesos de ocupación y uso no sostenible. Las acciones de preservación pueden incluir acuerdos con propietarios de predios para conservar el bosque, compra de predios para incorporación al sistema de espacio público, entre otras.

**Restauración:** son áreas degradadas por acción antrópica, que carecen de cobertura arbórea y requieren acciones para recuperar la estructura y función del ecosistema. Las acciones de restauración pueden incluir acuerdos con propietarios de predios para reconstruir el bosque, compra de predios para incorporación al sistema de espacio público, entre otras.

**Construido:** son áreas construidas dentro de los ENEP, incluyendo andenes, canchas deportivas y edificaciones. Estas áreas requieren un estudio detallado para determinar las acciones pertinentes, las cuales pueden incluir compra de predios para su incorporación al sistema de espacio público, retiro de estructuras o pavimentos para reconstruir el bosque, entre otras.

Como metas se propone implementar acciones de preservación y restauración de áreas ENEP a razón de 1 hectárea por año.

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	METAS	
			2027	2036
Preservación	Área ENEP preservada	ha	4.0	13.0
Restauración	Área ENEP en proceso de restauración	ha	4.0	13.0

*Tabla 14. Acciones, Indicadores y Metas del Objetivo Específico 1*



### **Objetivo Específico 2**

#### *Promover el Uso Sostenible de los ENEP*

Este objetivo específico define acciones para promover usos compatibles con la conservación y mejoramiento de la estructura y función del ecosistema en las áreas ENEP. Usos sostenibles incluyen, entre otros: recreación pasiva: (senderismo, gimnasio al aire libre, cicloturismo, rutas ecológicas, etc.), encuentro y esparcimiento (contemplación, yoga, jardinería, turismo de naturaleza, agroecología), educación e investigación (sensibilización ambiental, fotografía de flora y fauna, investigación académica, etc.). El uso sostenible se promueve a través de la adecuación del espacio público para hacer posible estas actividades dentro de las áreas ENEP. Como metas se propone implementar acciones de preservación y restauración de áreas ENEP a razón de 1 hectárea por año, a partir del año 2024.

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	METAS	
			2027	2036
Adecuación de áreas ENEP	Área ENEP adecuada como espacio público	ha	4.0	13.0

*Tabla 15. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 2*

### **Objetivo Específico 3**

#### *Conectar y Articular los ENEP*

Este objetivo específico define acciones para fortalecer la estructura ecológica urbana a través de calles verdes (corredores de conectividad), las cuales conectan y articulan las áreas con valor ecológico dentro de la zona urbana (áreas ENEP, parques, bosques, equipamientos con cobertura arbórea). Conectar y articular los ENEP se logra a través de la adecuación y arborización de espacios públicos lineales como calles, separadores viales o parques lineales. Se plantea la meta de adecuar al menos 0.6 km de espacio público por año, a partir del año 2024.

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	METAS	
			2027	2036
Adecuación de espacio público lineal	Calles adecuadas como corredores verdes	km	2.4	7.8

*Tabla 16. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 3*

#### 4.3. **LÍNEA ESTRATÉGICA 2. GESTIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Esta línea estratégica agrupa los objetivos específicos enfocados en mejorar las condiciones ambientales del espacio público, a través de la optimización de los servicios ecosistémicos. Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la población urbana obtiene de los ecosistemas (filtración del aire, purificación y regulación del agua, regulación de la temperatura, protección contra inundaciones, servicios culturales). El arbolado urbano juega un papel fundamental en esta línea estratégica, ya que los árboles son los elementos naturales que más servicios ecosistémicos proporcionan.

	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDICADORES	UNIDAD	METAS	
				2027	2036
4	Aumentar el índice de espacio público efectivo	Área incorporada al espacio público	ha	4	13
5	Enriquecer el arbolado urbano (cantidad y diversidad)	Árboles sembrados	Un	888	2,886
6	Aumentar la superficie de área verde en el espacio público	Área verde en el espacio público	m <sup>2</sup>	480	1,560

*Tabla 17. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 2*

#### **Objetivo Específico 4**

##### *Aumentar el Índice de Espacio Público Efectivo*

El espacio público efectivo es el espacio público de carácter permanente, conformado por zonas verdes, parques, plazas y plazoletas (Decreto 1077 de 2015). El índice mínimo de espacio público efectivo, para ser obtenido por las áreas urbanas de los municipios y distritos dentro de las metas y programas de largo plazo establecidos por el Plan de Ordenamiento Territorial, es de mínimo 15m<sup>2</sup> por habitante (Decreto 1077 de 2015). El Plan Ambiental Regional (CVC, 2015) define metas con respecto al aumento del índice de espacio público efectivo en Guadalajara de Buga: para el año 2027 (6 m<sup>2</sup>/hab) y 2036 (11 m<sup>2</sup>/hab). Para contribuir a cumplir estas metas, se propone adecuar 1 hectárea de nuevo espacio público por año, a partir del año 2024.

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	METAS	
			2027	2036
Incorporar nuevas áreas al sistema de espacio público efectivo	Área de espacio público incorporada	ha	4	13

*Tabla 18. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 3*

Las principales acciones identificadas para aumentar el índice de espacio público efectivo son:

1. Adecuar áreas ENEP como espacio público efectivo.
2. Adecuar predios públicos como espacio público efectivo.
3. Adecuar Calles Verdes (Objetivo 3) como parques lineales, convirtiendo calles locales en parques con funciones de encuentro y recreación.

### **Objetivo Específico 5**

#### *Enriquecer el Arbolado Urbano*

Este objetivo específico define acciones para enriquecer el arbolado desde dos perspectivas: 1) el aumento de la cantidad de árboles y, 2) el aumento de la diversidad de especies y familias botánicas. El aumento en la cantidad de árboles está asociado al Objetivo 1 (preservar y restaurar los ENEP) y al Objetivo 3 (conectar y articular los ENEP). Para restauración de áreas ENEP se asume una densidad de 150 árboles por hectárea. Para las Calles Verdes se asume una densidad de 120 árboles por kilómetro. Estos valores son promedio y pueden variar de acuerdo al diseño paisajístico y las dimensiones de los árboles plantados. Teniendo en cuenta las metas de los Objetivos 1 y 3, se plantean las siguientes metas.

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	METAS	
			2027	2036
Establecimiento de nuevo arbolado en áreas ENEP	Número de árboles sembrados	UN	600	1,950
Establecimiento de nuevo arbolado en Calles Verdes	Número de árboles sembrados	UN	288	936
	<b>Total de árboles sembrados</b>	<b>UN</b>	<b>888</b>	<b>2,886</b>

*Tabla 19. Acciones, Indicadores y Metas del Objetivo Específico 5*

Para el aumento de la diversidad de especies y familias botánicas, la meta está asociada a la restauración de áreas ENEP (objetivo específico 1) y a la creación de calles verdes (objetivo específico 3). Para la restauración de áreas ENEP, se propone una diversidad promedio de 35 especies por hectárea, teniendo en cuenta los rangos de riqueza observados en los bosques secos tropicales (entre 35 y 90 especies por hectárea) (Murphy & Lugo, 1986). Adicionalmente, el rango de riqueza registrado en el PNR El Vínculo es 32 especies por hectárea para árboles con Diámetro a Altura de Pecho (DAP) mayor a 10 cm (Torres et al., 2012). Para las Calles Verdes se propone una diversidad de 30 especies por kilómetro. Estos valores son promedio y pueden variar de acuerdo al diseño paisajístico y las dimensiones de los árboles plantados.

## **Objetivo Específico 6**

### *Aumentar la Superficie Verde en el Espacio Público*

Este objetivo específico define acciones reducir el predominio de las superficies de concreto y asfalto en el espacio público, aumentando la superficie con cobertura verde (pastos, jardines, pavimentos verdes). Las zonas verdes brindan servicios ecosistémicos importantes para la salud humana, incluyendo reducción de la temperatura, restauración del ciclo del agua, mejora en la salud mental por el contacto con elementos naturales, además de servicios culturales asociados al placer estético y el cuidado de jardines.

El aumento de la superficie verde está asociado al Objetivo 3 (conectar y articular los ENEP). En las calles verdes se propone recuperar superficie verde a razón de 900 m<sup>2</sup> por kilómetro. Esto equivale a 200 m<sup>2</sup> de zona verde por cada 100 metros lineales de calle. Teniendo en cuenta las metas del Objetivo 3, se plantean las siguientes metas, a partir del año 2024.

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	METAS	
			2027	2036
Incorporar nuevas áreas verdes en el espacio público	Aumento del área verde incorporada al espacio público	m <sup>2</sup>	480	1,560

*Tabla 20. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 6*

#### 4.4. LÍNEA ESTRATÉGICA 3. ARTICULACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO CON LA GESTIÓN DEL RIESGO Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Esta línea estratégica define acciones de intervención en el espacio público dirigidas a la mitigación del riesgo asociado a dos componentes: 1) riesgo asociado a la exposición a Islas de Calor Urbano (ICU) y 2) riesgo asociado al manejo inadecuado del agua lluvia (problemas de calidad y cantidad). Las ICU son un efecto negativo del modelo urbano actual, caracterizado por el predominio de las superficies impermeables, la alteración de los cuerpos de agua y la baja cobertura arbórea. La exposición a altas temperaturas generadas en las ICU tiene efectos relevantes en la salud: problemas respiratorios, deshidratación, fatiga e incluso la mortalidad por insolación (Hsu et al., 2021). Las temperaturas extremas asociadas al cambio climático magnifican estos impactos en la salud pública.

La degradación de los cuerpos de agua y el predominio de las superficies impermeables en el entorno urbano tiene como consecuencia el aumento del riesgo de inundaciones y el deterioro de la calidad del agua. Estos riesgos se agudizan por los fenómenos extremos asociados al cambio climático. Esta línea estratégica propone las siguientes metas para la reducción de estos riesgos a través de intervenciones en el espacio público.

	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDICADORES	UNIDAD	METAS	
				2027	2036
7	Disminuir las Islas de Calor Urbano (ICU)	Disminución de áreas bajo ICU	ha	2.88	9.36
8	Integrar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)	Área de SUDS en el espacio público	ha	0.54	2.08

*Tabla 21. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 3*

### **Objetivo Específico 7**

#### *Disminuir las Islas de Calor Urbano*

Este objetivo específico define acciones para disminuir las Islas de Calor Urbano (ICU) en el espacio público y reducir la exposición de la población a altas temperaturas. Este objetivo está asociado al Objetivo 3 (conectar y articular los ENEP). Las calles verdes propuestas son espacios diseñados para mitigar efectivamente las ICU a través de un diseño de paisaje que incorpora doseles continuos y zonas verdes. Considerando un ancho promedio de calle de 12 metros y teniendo en cuenta las metas del Objetivo 3 (conectar y articular los ENEP), se obtienen las siguientes metas de disminución de áreas bajo ICU:

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	METAS	
			2027	2036
Implementar Calles Verdes	Disminución de áreas bajo ICU	ha	2.9	9.4

*Tabla 22. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 7*

### **Objetivo Específico 8**

#### *Integrar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*

Este objetivo específico define acciones para integrar SUDS en el espacio público. Los SUDS son una alternativa para el manejo sostenible de las aguas lluvias y la restauración del ciclo del agua. Este objetivo está asociado al Objetivo 2 (promover el uso sostenible de los ENEP) y el Objetivo 3 (conectar y articular los ENEP). Se propone que las áreas ENEP adecuadas como espacio público destinen un 10% del área de intervención como SUDS. De igual forma, se propone que las Calles Verdes destinen un 10% del área de intervención como SUDS. Teniendo en cuenta las metas de los Objetivos 2 y 3, se plantean las siguientes metas.

ACCIONES	INDICADOR	UNIDAD	ESPACIOS PARA SUDS	METAS	
				2027	2036
Integrar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)	Área de SUDS en el espacio público	ha	Áreas ENEP (Objetivo 2)	0.30	1.30
			Calles verdes (Objetivo 3)	0.24	0.78
			<b>TOTAL</b>	<b>0.54</b>	<b>2.08</b>

*Tabla 23. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 8*





# **5. LINEAMIENTOS**

## **5.1. EL CENTRO URBANO EN EL CONTEXTO DEL BOSQUE SECO TROPICAL (BST)**

El valle geográfico del río Cauca estuvo dominado por grandes extensiones de Bosque Seco Tropical (BST), el cual ha sufrido un proceso acelerado de transformación hacia la agricultura intensiva, la ganadería y la urbanización durante el siglo XX. Para 1957, el BST cubría un 6% del valle geográfico y para 1986 el porcentaje se había reducido a un 2% (CVC, 1990). Actualmente, la pérdida de la cobertura boscosa en el valle geográfico del río Cauca es superior a 99% (Vargas, 2012). En Colombia, el BST cubría más de 9 millones de hectáreas, de las cuales sobrevive un 8%; el BST se considera un ecosistema amenazado, en estado crítico de deterioro y en peligro inminente de desaparecer (Pizano & García, 2014).

La cabecera urbana de Guadalajara de Buga se ubica dentro del bioma de BST, el cual se caracteriza por una temperatura promedio de 24°C, precipitación anual entre 700 y 2000 mm, un rango de altitud entre los 0 a 1000 msnm y una estacionalidad marcada de lluvias con varios meses de sequía (Pizano & García, 2014). En el valle geográfico del río Cauca, los remanentes de BST están dispersos entre los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Risaralda, confinados por cultivos de caña de azúcar, zonas de producción ganadera y fincas de recreo (Cardona et al., 2012). La alta fragmentación del BST tiene como consecuencia una reducción significativa en su capacidad de regeneración natural (Vargas, 2012). En Guadalajara de Buga, el Parque Natural Regional (PNR) El Vínculo es el remanente de BST más grande del valle geográfico, con un área cercana a las 70 hectáreas, lo cual representa una oportunidad importante para la restauración de los ecosistemas de la región.

En este contexto de pérdida y fragmentación del BST en el valle geográfico del río Cauca, ¿qué papel pueden jugar los entornos urbanos de la región? ¿Cómo los centros urbanos pueden contribuir a la restauración del BST? Es claro que la urbanización influye significativamente en el funcionamiento de los ecosistemas. El desarrollo urbano fragmenta, aísla y degrada los hábitats naturales, simplifica y homogeneiza la composición de especies, interrumpe los sistemas hidrológicos y modifica el flujo de energía y nutrientes (Alberti, 2005). A pesar de estos impactos sobre el ecosistema, los centros urbanos proporcionan nuevos desafíos para la disciplina ecológica. Desde la ecología urbana, se busca comprender las funciones y procesos del ecosistema y emprender acciones dirigidas a recuperar estos procesos ecológicos vitales en las ciudades.

Este Programa de Mejoramiento del Espacio Público Natural y Arbolado Urbano concibe el entorno urbano como un espacio con alto potencial para contribuir a la restauración del BST, a través de la restauración de ecosistemas degradados y un arbolado urbano planificado y gestionado para cumplir las siguientes funciones:

**Conservación.** Los centros urbanos son áreas para la conservación de especies que están amenazadas en su entorno natural, a través de la creación de colecciones de flora nativa y el mantenimiento de bancos de semillas para la restauración. La conservación en entornos urbanos puede entenderse como un tipo especial de conservación: in-situ, si el entorno urbano se considera como parte del ecosistema, pero también ex-situ, porque el entorno urbano no es el hábitat natural de las especies. En cualquier caso, los centros urbanos pueden jugar un papel importante en la conservación de la flora y la salvación de especies amenazadas.

**Investigación científica y académica.** Los centros urbanos son fuentes valiosas de investigación en ecología y biodiversidad. Facilitan la recolección de datos de ecología urbana, como indicaciones del cambio climático, fisiología vegetal e interacciones entre flora y fauna (ecología de la polinización, la dispersión de semillas y otras interacciones entre plantas y animales). Esta indagación ayuda a mejorar la gestión de la biodiversidad los servicios ecosistémicos en el entorno urbano.

**Educación ambiental.** Los centros urbanos son espacios para la educación pública sobre la importancia de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Amplios procesos de participación social son indispensables para garantizar la sostenibilidad en el tiempo de los procesos de conservación y restauración de la biodiversidad urbana. La gestión comunitaria del arbolado dinamiza el uso sostenible de productos derivados de los árboles: semillas, frutos, fibras, medicinas.

Este Programa de Mejoramiento contribuye al cumplimiento de la meta 5 del Programa Nacional para la Conservación y Restauración del Bosque Seco Tropical (BST) en Colombia, Plan de Acción 2020-2030 (Minambiente, 2021), el cual plantea, para 2030, diseñar e implementar un programa de arbolado urbano en las áreas urbanas del BST en Colombia. Los lineamientos que se presentan a continuación se enmarcan toman como referencia la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (Minambiente, 2012) y el Plan Nacional de Restauración. Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas (Minambiente, 2015).

## **5.2. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA RESTAURACIÓN DE ÁREAS ENEP**

Las áreas ENEP (Elementos Naturales del Espacio Público) son espacios al interior del perímetro urbano que hacen parte del sistema de espacio público y están relacionadas con las áreas para la conservación y preservación del sistema orográfico, áreas para la conservación y preservación del sistema hídrico y áreas de especial interés ambiental, científico y paisajístico (Decreto 1077 de 2015). Son áreas en las cuales se minimiza la intervención antrópica y se permite el desarrollo de los procesos naturales del bosque. En consecuencia, son espacios de alto valor ecológico y mayor provisión de servicios ecosistémicos dentro de la zona urbana.

Teniendo en cuenta su doble función como espacio público y sitios de conservación de la biodiversidad, el diseño de las áreas ENEP se aborda desde la Integración Socio-Ecológica (Forgaci, 2018), un principio de diseño que busca construir sinergias entre los elementos sociales (espacio público) y ecológicos (conservación de la biodiversidad). Los espacios públicos integrados socio-ecológicamente combinan espacios para la restauración del bosque, espacios públicos de recreación pasiva y espacios para la gestión sostenible del agua. Se busca establecer una relación complementaria y recíproca entre estos diferentes espacios, aumentando la conectividad y accesibilidad para la fauna, las personas y el agua, minimizando las áreas de conflicto y fomentando la superposición espacial.

El Plan Nacional de Restauración (Minambiente, 2015) define tres grandes objetivos de la restauración ecológica. 1) Restauración ecológica: restablecer el ecosistema degradado a una condición similar al ecosistema predisturbio respecto a su composición, estructura y funcionamiento; el ecosistema resultante debe ser un sistema autosostenible y debe garantizar la conservación de especies, del ecosistema en general, así como de la mayoría de sus bienes y servicios. 2) Rehabilitación ecológica: llevar al sistema degradado a un sistema similar o no al sistema predisturbio, éste debe ser autosostenible, preservar algunas especies y prestar algunos servicios ecosistémicos. 3) Recuperación ecológica: recuperar algunos servicios ecosistémicos de interés social; generalmente los ecosistemas resultantes no son autosostenibles y no se parecen al sistema predisturbio.

La restauración de áreas ENEP, considerando su ubicación dentro del perímetro urbano y su condición de espacio público, se puede considerar como una rehabilitación ecológica, en la cual el objetivo es llevar al ecosistema a un estado distinto al predisturbio, preservar algunas especies y recuperar algunos servicios ecosistémicos. Determinar el estado Debido a que los ecosistemas de las áreas ENEP han sufrido transformaciones profundas asociadas a la urbanización (por ejemplo, la canalización de ríos y quebradas), es difícil pensar en una restauración del ecosistema a una condición predisturbio. Sin embargo, dentro del enfoque de Integración Socio-Ecológica, es posible llevar el ecosistema a una condición que garantice la conservación de especies de flora y fauna, al tiempo que se optimiza la provisión de servicios ecosistémicos para el bienestar de los habitantes urbanos.

La restauración de áreas ENEP es un proceso adaptativo. En el entorno urbano, es necesario gestionar eventos inesperados y ajustarse a la complejidad de las presiones antropogénicas. La restauración adaptativa es un enfoque riguroso para el aprendizaje a través de la aplicación de acciones de gestión como experimentos. Implica sintetizar el conocimiento existente, explorar acciones alternativas, hacer predicciones de los resultados, seleccionar una o más acciones para implementar, monitorear para determinar si los resultados coinciden con los previstos y usar estos resultados para ajustar planes futuros (Murray & Marmorek, 2003). La evaluación y el ajuste son partes integrales del proceso de restauración adaptativa. Implícita en esto está la necesidad de articular metas y objetivos de restauración, lo que requiere un pensamiento estratégico claro y debe incluir la consideración de valores ecológicos, sociales y económicos.

### ***Considerar la Etapa de Sucesión del Área ENEP***

Las primeras especies en llegar a un área sin cobertura arbórea tienen características específicas: en sus semillas (pequeñas, dispersadas por el viento o aves generalistas y con una larga viabilidad, pueden permanecer enterradas en dormancia durante décadas), en su hábito o forma de crecimiento (son en su mayoría hierbas, en su alta resistencia a la exposición solar) en su ciclo de vida (corto, de uno a cinco años). A este primer grupo de especies vegetales se les denomina hierbas pioneras. Muchas de las llamadas malezas corresponden a este tipo de vegetación. Su hojarasca condiciona el suelo para permitir el crecimiento de los primeros árboles.

En la siguiente etapa de sucesión, emergen especies arbustivas que compiten con las herbáceas y las van desplazando hasta llegar a ser dominantes. El hábito de este nuevo grupo es leñoso, las semillas son un poco más grandes y tienen otras estrategias para la dispersión como aves pequeñas más especializadas y murciélagos. Estas plantas, pasaron sus primeras edades al abrigo de la sombra de las hierbas y ahora están a plena exposición y, tienen un ciclo de vida que dura entre 5 y 15 años. A esta nueva fase de la sucesión vegetal arbórea se le denomina bosque secundario temprano y contiene los árboles pioneros.

Los árboles pioneros crean condiciones de sombra y humedad donde no pueden germinar sus propias semillas. Modifican las condiciones del suelo para que árboles de bosques más maduros puedan germinar y crecer bajo su sombra. La dinámica de unas especies con unas características y comportamientos, reemplazadas por especies con características diferentes y otros comportamientos se da en dos nuevas etapas denominadas bosque o secundario medio y tardío, donde las especies son gradualmente más longevas, tienen maderas más densas, y como plántulas resisten mayor sombrío.

En la sucesión secundaria tardía, los árboles tienen por lo general semillas grandes, y al germinar sus plántulas requieren sombrío. No hay casi especies dispersadas por viento sino por aves especializadas y mamíferos. Se constituye un bosque más complejo con varios estratos o capas de vegetación superpuestas, con especies adaptadas a crecer inicialmente bajo sombrío, muy rico en especies, con lianas leñosas gruesas y árboles de gran talla y troncos gruesos. Se denomina bosque primario o etapa clímax de la sucesión del bosque.

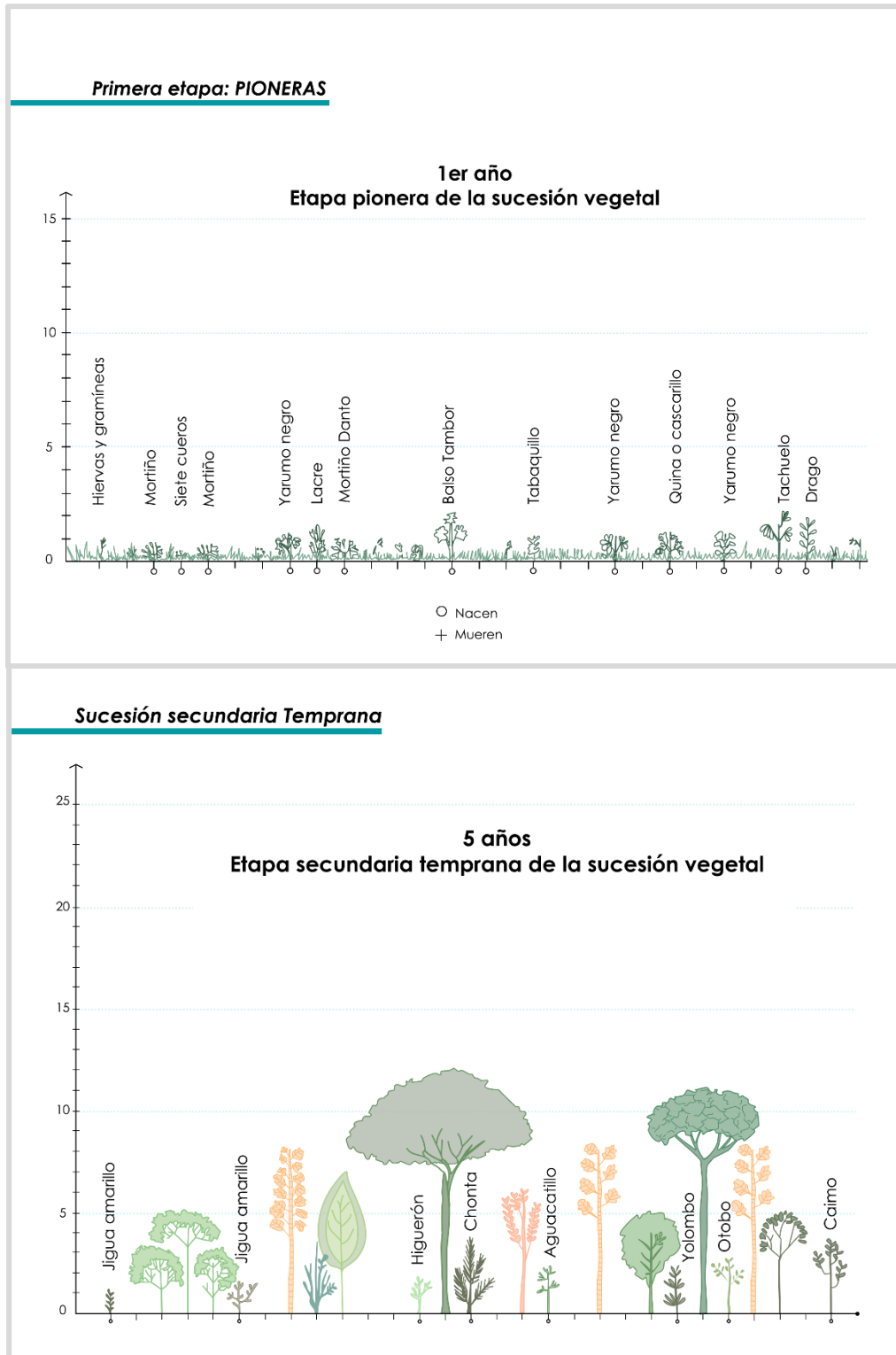


Figura 29. Etapas Tempranas de la Sucesión del Bosque

En el estadio de bosque maduro o primario, el bosque alcanza la madurez y su mayor complejidad. Contiene el número máximo de especies por área, usualmente representadas por muy pocos individuos de una especie por unidad de área. Las semillas de estas especies son más grandes y las plántulas que se derivan de ellas soportan mejor los ataques bacterianos y fúngicos, y producen plántulas más altas. Estas semillas más grandes se relacionan a su vez con un aumento de mamíferos como dispersores, ya sea que fueran megafauna hoy extinta, murciélagos y roedores. Lauraceae es principalmente dispersada a grandes distancias por guácharos (*Steathornis caripensis*) y avifauna especialista (como tucanes, loras, guacharacas y pavas) y por murciélagos.

El concepto de sucesión tiene una importancia vital para la restauración, ya que define cómo se deben planificar las reforestaciones y cómo usar adecuadamente la vegetación con finalidades ambientales diversas. El éxito de los procesos de restauración depende de que se tenga en cuenta las especificidades y las limitaciones de las especies en cada una de las etapas de sucesión. No se puede pretender tener éxito en una reforestación donde se empleen desde un comienzo especies del bosque primario o de bosques secundarios tardíos, ya que morirán cuando quedan expuestas al sol.

Para la restauración de áreas ENEP en el municipio de Buga, se propone un listado de especies de sucesión temprana (Tabla XX) y sucesión tardía (Tabla XX), basados en Vargas (2012). El listado incluye especies identificadas específicamente en la zona plana del valle geográfico del río Cauca y el piedemonte de la cordillera oriental. Las especies de sucesión temprana deben establecerse en sitios sin cobertura arbórea, clasificados como “Restauración”, durante los primeros 5 años del proceso de restauración. Dentro del listado de especies de sucesión temprana, las especies de la familia Fabaceae son claves en los procesos de restauración debido a su rápido crecimiento, alta capacidad de adaptación, fijación de nitrógeno y fácil propagación (Vargas et al, 2014).

Las especies de sucesión tardía deben establecerse en sitios con previa cobertura arbórea y baja diversidad florística, clasificados como “Conservación”. Para la restauración de áreas ENEP, se propone una diversidad promedio de 35 especies por hectárea, teniendo en cuenta los rangos de riqueza observados en los bosques secos tropicales (entre 35 y 90 especies por hectárea) (Murphy & Lugo, 1986). Adicionalmente, el rango de riqueza registrado en el PNR El Vínculo es 32 especies por hectárea para árboles con Diámetro a Altura de Pecho (DAP) mayor a 10 cm (Torres et al., 2012).



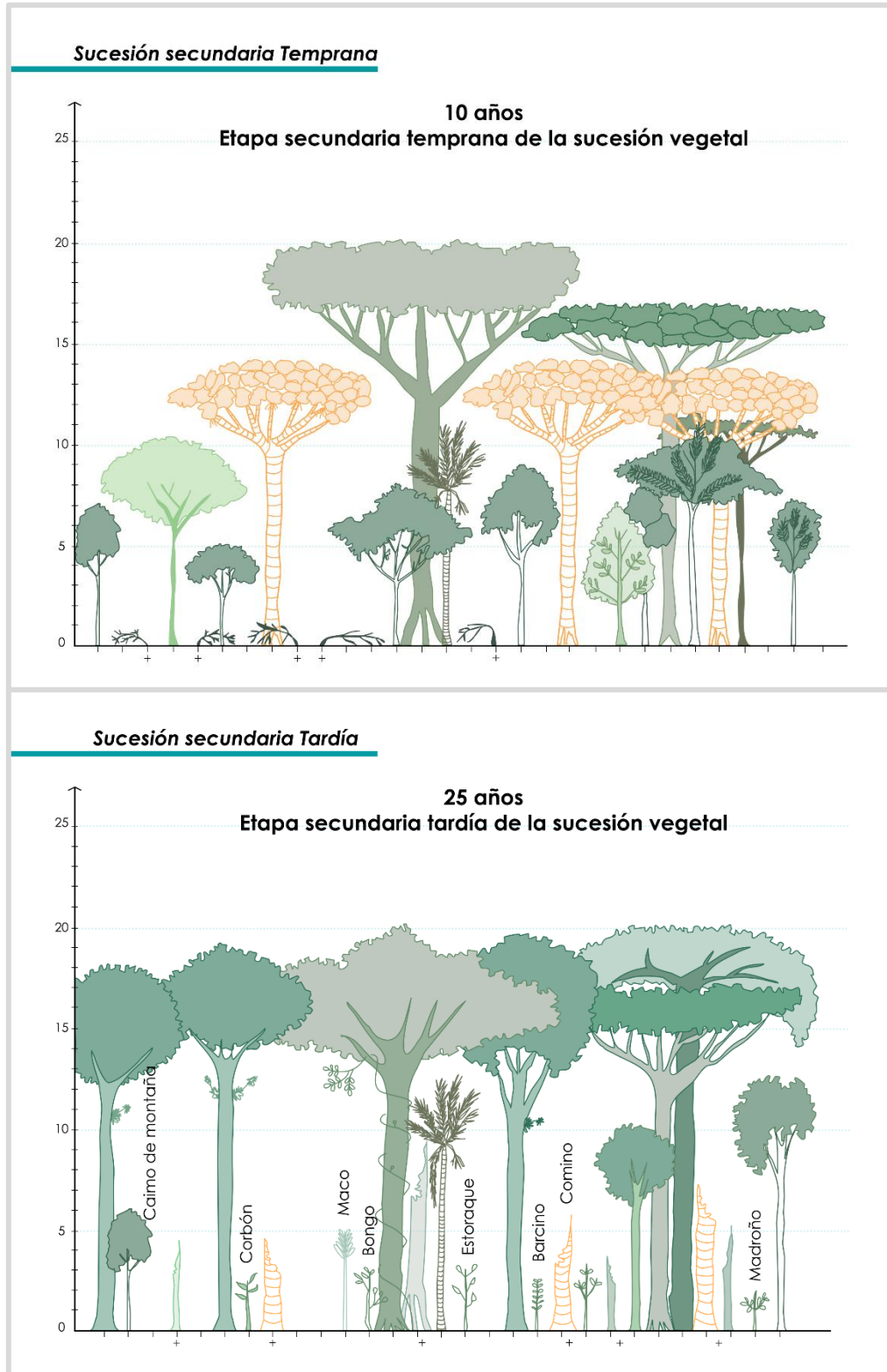


Figura 30. Etapas Secundarias de la Sucesión del Bosque

A continuación, se presenta una síntesis de los lineamientos para la restauración del Bosque Seco Tropical (BST) elaborados por Vargas et al, (2014).

### ***Siembra masiva de especies nativas***

La siembra masiva debe alcanzar densidades mayores a 3000 plantas por hectárea y debe contar con una mezcla de especies con diferentes tipos de crecimiento, en configuraciones donde deben dominar las especies de sucesión temprana (pioneras intermedias), que se presentan en la Tabla XX Las especies que se deben seleccionar para la restauración en bosques secos son aquellas que sobreviven exitosamente en ambientes con restricciones bien sea de agua o de nutrientes.

### ***Enriquecimiento***

Se refiere a llevar a cabo restauración en áreas ya ocupadas por vegetación nativa pero que tienen una baja diversidad florística, y en algunos casos donde la sucesión se encuentra detenida. El enriquecimiento representa entonces la introducción de especies de estadios intermedios y avanzados de restauración que interactúan con la fauna. Bajo la sombra de hierbas, arbustos o árboles pueden crecer especies de sucesión tardía que requieren protección contra los rayos directos, los vientos o la evapotranspiración.

### ***Aislamiento de corredores ecológicos***

Los bosques ribereños representan un recurso muy importante para la restauración del BST ya que son áreas de una gran concentración de biodiversidad que ofrecen grandes cantidades de propágulos. Estos bosques generan redes de conectividad y ofrecen hábitat y recursos, además de proveer servicios ecosistémicos. La restauración del BST debe partir del fortalecimiento de las redes ribereñas que generen conectividad y hábitat, puesto que estas redes suelen comunicar a los bosques con otros tipos de ecosistemas incluyendo los bosques montanos más altos y zonas bajas más húmedas.

### ***Manejo de especies invasoras***

Cuando se reduce la diversidad, se elimina la vegetación nativa y hay una alta exposición al sol en el BST, es muy factible que se inicien procesos de invasión por especies agresivas y muchas veces invasoras que pueden detener la sucesión hasta de forma permanente. Por esto se deben considerar los costos y las actividades para eliminar estas especies en todos los ejercicios de restauración.



### **5.3. SELECCIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS**

La selección de especies de árboles y palmas para la zona urbana de Guadalajara de Buga se realizó teniendo como fin obtener beneficios tanto sociales como ecológicos de forma simultánea. Se consideraron aquellas especies capaces de enriquecer la diversidad florística, fortalecer el ecosistema urbano y mejorar la calidad de vida de los habitantes a través de una amplia oferta de servicios ecosistémicos. Con esta finalidad, la selección de especies arbóreas considera los siguientes criterios:

#### ***Adaptabilidad al Entorno Urbano***

Las especies seleccionadas son resistentes a las condiciones del entorno urbano: suelos compactados, escasez de agua, contaminación, cambios extremos de temperatura, espacio limitado, convivencia con infraestructuras (líneas eléctricas, tuberías, pavimentos y edificios). Elegir especies adecuadas a las condiciones del entorno urbano asegura un crecimiento saludable y una supervivencia a largo plazo.

#### ***Reducción de Conflictos con Infraestructura***

La selección de especies tiene como objetivo prevenir conflictos con la infraestructura subterránea y aérea. Las especies se clasifican según su tamaño (bajo, medio, alto y muy alto) y se relacionan con los diferentes emplazamientos urbanos (calles locales, parques, separadores viales, áreas ENEP), con el propósito de minimizar los conflictos con la infraestructura.

#### ***Biodiversidad***

Las especies seleccionadas tienen como objetivo enriquecer la diversidad arbórea, considerando la baja diversidad encontrada en el censo arbóreo. Estas especies ofrecen hábitat y recursos para la fauna local, como aves, insectos y pequeños mamíferos, fomentando así la biodiversidad y el equilibrio ecológico en entornos urbanos. La diversidad de especies arbóreas es fundamental para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad del ecosistema urbano.

#### ***Servicios Ecosistémicos***

La diversidad de especies propuestas busca optimizar la provisión de servicios ecosistémicos de los árboles. Mediante una selección adecuada, el arbolado urbano puede equilibrar la oferta de servicios de regulación (purificación del aire, reducción de temperatura, captura de carbono, producción de oxígeno, regulación del ciclo del agua), servicios de provisión (alimentos, madera, fibras, medicinas) y servicios culturales (mejora de la calidad estética y del paisaje, salud mental y bienestar emocional, educación y conciencia ambiental, entre otros).

El listado de especies de árboles y palmas sugeridas para la zona urbana (Tablas 24-27), se organiza en cuatro categorías según su talla (baja, media, alta y muy alta) para facilitar su selección de acuerdo con los diferentes emplazamientos urbanos. Todas las especies incluidas en la lista son nativas del bioma en el que está ubicada la zona urbana. Las especies destacadas en negrilla se recomiendan para establecer un paisaje con una fuerte identidad local, dado que pueden adaptarse mejor a las condiciones particulares de Guadalajara de Buga. Las especies no resaltadas también son nativas, pero tienen una distribución más amplia. Para atender las demandas específicas de cada emplazamiento, se pueden aplicar los siguientes criterios de selección de acuerdo al tamaño de las especies:

#### ***Especies de Talla Baja (3-8 metros)***

Estas especies son ideales para calles angostas con limitado espacio aéreo y subterráneo. Se recomienda plantarlas usando contenedores de raíces para minimizar conflictos con edificaciones e infraestructura subterránea. Son adecuadas para ubicarse bajo líneas eléctricas de tensión media. Además, requieren menos mantenimiento y proporcionan sombra y calidad ambiental en calles locales.

#### ***Especies de Talla Media (8-15 metros)***

Estas especies son apropiadas para calles con mayor disponibilidad de espacio aéreo y subterráneo. Son igualmente útiles en parques, separadores viales y otros lugares que cuenten con espacio suficiente. Resultan ideales para brindar sombra moderada, crear hábitats para la fauna y mejorar la estética en áreas más extensas.

#### ***Especies de Talla de Talla Alta (15-25 metros)***

Las especies de gran tamaño no se recomiendan para calles estrechas debido a su necesidad de espacio. Son apropiadas para parques, bosques urbanos y otros emplazamientos con suficiente espacio aéreo y subterráneo, donde pueden proporcionar una amplia sombra, albergar una diversidad de fauna y contribuir al equilibrio ecológico.

#### ***Especies de Talla de Tala Muy Alta (25-65 metros)***

Estas especies majestuosas brindan servicios ecosistémicos únicos en el entorno urbano debido a su gran envergadura e impacto visual. Son recomendadas para separadores amplios, parques grandes y bosques urbanos. Sirven como puntos de referencia visuales y refuerzan la identidad del paisaje urbano. Además, estas especies complementan la oferta de hábitat y recursos para la fauna, ya que proporcionan oportunidades que no se encuentran en especies de menor tamaño.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura	DAP	Copa	Tipo de
			(m)	(cm)	(m)	Raíz
Anacardiaceae	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Umbú	2	10	2	Profunda
	<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo rojo	4-5	20	4	Profunda
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Marañón, merey	4-8	15-30	3-6	Profunda
Annonaceae	<i>Annona glabra</i> L.	Anón, anón de playa	4	10	3	Profunda
	<i>Annona squamosa</i> L.	Anón	4	15	3	Profunda
	<i>Annona quinduensis</i> Kunth	Anón de monte	4	10	2	Profunda
	<b><i>Annona cherimola</i> Mill.</b>	<b>Chirimoya</b>	<b>4-6</b>	<b>30</b>	<b>4-6</b>	<b>Profunda</b>
Apocynaceae	<i>Lacmellea edulis</i> H.Karst.	Lechemiel	6	20	3	Profunda
Arecaceae	<b><i>Elaeis oleifera</i> (Kunth) Cortés</b>	<b>Palma nolí</b>	<b>3-4</b>	<b>40</b>	<b>4-5</b>	<b>Fasciculada profunda</b>
	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.	Palma	4-5	6	2	Fasciculada superficial
	<i>Raphia taedigera</i> (Mart.) Mart.	Pangana	4	20-30	4	Superficial fasciculada
	<i>Phytelephas seemanii</i> O.F. Cook	Tagua	5-7	30-40	6-7	Fasciculada
Bignoniaceae	<i>Tabebuia palustris</i> Hemsl.	Guayacán blanco de manglar	1-4	4	2	Profunda
	<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	Guayacán blanco de estero	1-5	10	2-5	Profunda
	<b><i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth</b>	<b>Chirlobirlo</b>	<b>4-8</b>	<b>4-25</b>	<b>2-5</b>	<b>Profunda</b>
	<b><i>Amphitecna latifolia</i> (Mill.) A.H. Gentry</b>	<b>Calabacillo</b>	<b>3-8</b>	<b>5-30</b>	<b>2-7</b>	<b>Profunda</b>
	<i>Roseodendron chryseum</i> (S.F.Blake) Miranda	Cañaguante, Alumbre, puy, roble blanco	4-6	30	4-8	Profunda
	<b><i>Godmania aesculifolia</i> (Kunth) Standl.</b>	<b>Guayacán cacho de chivo</b>	<b>4-8</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>Profunda</b>
	<b><i>Jacaranda obtusifolia</i> Bonpl.</b>	<b>Gualanday llanero</b>	<b>4-8</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>Profunda</b>
Boraginaceae	<b><i>Cordia lutea</i> Lam.</b>	<b>Biyuyo</b>	<b>2-4</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>Profunda</b>
	<i>Cordia sebestena</i> L.	San Joaquín	2-6	20	1-4	Profunda
Cactaceae	<i>Pereskia bleo</i> (Kunth) DC.	Clarol	2-4	5	1	Profunda
Capparaceae	<i>Quadrella indica</i> (L.) Iltis & Cornejo	Aceituno macho	1-3	5-30	2-6	Profunda
	<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.	Aceituno, Olivo, Nazareno	1-5	5-30	1-5	Profunda

Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura	DAP	Copa	Tipo de
			(m)	(cm)	(m)	Raíz
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Garrapato	1-3	5	1-2	Profunda
	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	lcaco, coco plum	1-4	5-20	1-4	Profunda
Clusiaceae	<i>Clusia minor</i> L.	Cucharo	2-5	10-20	1-5	Adventicias blandas
	<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel	Madroño liso dulce	4	10	3	Profunda
	<i>Clusia palmicida</i>	Mandul, matapalo	4-7	20-40	4-6	Profunda
<b>Euphorbiaceae</b>	<b><i>Euphorbia cotinifolia</i> L.</b>	<b>Liberal, lecherito rojo</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>Profunda</b>
Fabaceae	<i>Caesalpinia cassioides</i> Willd.	Clavellino, Brasil chiquito	0.5- 3	3.6	1-2	Profunda
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Aromo	0.5-5	2-20	3	Profunda y superficial
	<i>Calliandra angustifolia</i> Spruce ex Benth	Carbonero	1.4	10-15	2-3	Profunda y superficial
	<i>Calliandra antioquiiae</i> Barneby	Ccarbonerito Liso	1-3	6-10	3	Profunda y superficial
	<i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S. Irwin & Barneby	Abejero	1-6	8	3	Profundo
	<i>Erythrina rubrinervia</i>	Secá	3	6-30	1-6	Superficial blanda
	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Galvéz mareño	3	10	3	Profunda
	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Galvéz mareño	3-5	5-25	1-5	Profunda y superficial
	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger	Carbón	3-6	20-30		Profunda y superficial
	<i>Calliandra haematocephala</i> Hasskarl	Carbonero rojo	4	12	4	Profunda y superficial
	<b><i>Calliandra magdalenae</i> (Bertero ex DC.) Benth.</b>	<b>Pichindé, Carbonero rojo de humedal.</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>4-5</b>	<b>Profunda y superficial</b>
	<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Dorancé, Martín Galviz	4	20	4	Profunda
	<i>Vachellia tortuosa</i> (L.) Seigler & Ebinger	Trapichero	4	35	4	Profunda y superficial
	<b><i>Inga sapindoides</i> Willd</b>	<b>Guamo cuadrado</b>	<b>4-6</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>Profunda y superficial</b>
	<i>Abarema adenophora</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Dormilón	4-8	15-40	4-8	Profunda y superficial
	<i>Cojoba rufescens</i> (Benth.) Britton & Rose	Dormilón, pichindé.	5	30	6	Profunda y superficial
	<i>Calliandra purdiaei</i> Benth	Carbonero	5-8	30-40	6-8	Profunda y superficial
	<i>Bauhinia forficata</i> Link	Pata de vaca, Casco de buey de flor blanca	6	25-40	5	Profunda y superficial
<i>Inga marginata</i> Willd.	Churimo, Cansamuelas	6-8	10-30	6	Profunda y superficial	

Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura	DAP	Copa	Tipo de
			(m)	(cm)	(m)	Raíz
Lecythidaceae	<i>Gustavia speciosa</i> subsp. <i>occidentalis</i> S.A. Mori	Chupo, chupa	4-6	12	3	Profunda
Malpighiaceae	<i>Bunchosia nitida</i> (Jacq.) DC.	Ciruela de perro	1-3	6	1	Profunda
	<i>Bunchosia pseudonitida</i> Cuatrec.	Mirto	1-3	8	2	Profunda
	<i>Malpighia glabra</i> L.	Mirto	1-3	10-15	1-2	Profunda
	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	Cereza, cerecita, acerola	1-4	5-30	2-4	Profunda
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Nance, Nanci, Manteco, Peralejo	1-5	10-20	1.5	Profunda
	<i>Byrsonima japurensis</i> A. Juss.	Nance, Manteco	3-7	20-30	4	Profunda
	<i>Bunchosia armeniaca</i> (Cav.) DC.	Ciruela de perro, ciruelo, confite	4-5	20	2	Profunda
Malvaceae	<b><i>Pachira glabra</i> Pasq.</b>	<b>Cacao ornamental</b>	<b>6</b>	<b>10-20</b>	<b>2-3</b>	<b>Profunda</b>
	<b><i>Talipariti tiliaceum</i> (L.) Fryxell</b>	<b>Majagua</b>	<b>4-6</b>	<b>20-40</b>	<b>8</b>	<b>Profunda</b>
Melastomataceae	<i>Bellucia egensis</i> (DC.) Penneys, Michelang., Judd & Almeda	Guayabo de pava peludo.	0.8-1.5	6	1.5	Profunda
	<i>Bellucia mespiloides</i> (Miq.) J.F. Macbr.	Coronillo	3-5	15	3	Profunda
	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	Coronillo	4-6	30	6	Profunda
	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Coronillo, guayaba de pava	4-8	30	4-8	Profunda
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	Cedrillo	4	30	4	Profunda
	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Cedrillo, carabali, Siguaraya	4-6	8-12	4	Profunda
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Guayaba agria	0.5-6	3-25	1-4	Profunda
	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	Arrayán	1-3	5-10	1-2	Profunda
	<i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh	Camu-camu	1-4	3-10	1-2	Profunda
	<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh	Arazá	1-5	10	1-2	Profunda
	<i>Eugenia victoriana</i> Cuatrec.	Guayabilla, arrayán	1-6	3-12	2	Profunda

Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m)



FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura	DAP	Copa	Tipo de
			(m)	(cm)	(m)	Raíz
Myrtaceae	<i>Psidium guajaba</i> L.	Guayaba	3-6	10-25	4-6	Profunda
	<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Arrayán negro	3-7	20-30	6	Profunda
	<b><i>Calycolpus moritzianus</i> (O. Berg) Burret</b>	<b>Arrayán, guayabeta, guayabeto</b>	<b>3-8</b>	<b>10-30</b>	<b>3-8</b>	<b>Profunda</b>
	<i>Psidium acutangulum</i> DC.	Guayaba coronilla chica	4,6	10-25	2-4	Profunda
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (Berg) Nied.	Guayaba coronilla grande	4-7	10-30	2-4	Profunda
<b>Myrtaceae</b>	<b><i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz &amp; Pav.</b>	<b>Bichinche, michinche, palillo.</b>	<b>7</b>	<b>50</b>	<b>8</b>	<b>Profunda</b>
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	Albarillo del campo, Ciruelillo	3-5	20	6	Profunda
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus brasiliensis</i> (Aubl.) Poir.	Madura plátano	4-6	10	4	Profunda
	<b><i>Phyllanthus elisiae</i> Urb.</b>	<b>Madura plátano</b>	<b>4-8</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>Profunda</b>
Rhamnaceae	<i>Sageretia elegans</i> (Kunth) Brongn.	Espuela de gallo	3-6	2-10	1-5	Profunda
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i> subsp. <i>fagara</i> (L.) Sarg.	Uña de gato	1-3	8	1-4	Profunda
	<i>Zanthoxylum monophyllum</i> (Lam.) P. Wilson	Tachelo	4	10	3	Profunda
	<i>Zanthoxylum formiciferum</i> (Cuatrec.) P.G. Waterman	Cuatrecasas.	4-8	20-40	2-5	Profunda
	<b><i>Casimiroa edulis</i> La Llave &amp; Lex.</b>	<b>Morey, manzana de médico</b>	<b>6</b>	<b>20- 60</b>	<b>4-8</b>	<b>Profunda</b>
	<i>Zanthoxylum gentryi</i> Reynel	Doncel	6	20	4	Profunda
	<i>Zanthoxylum schreberi</i> (J.F. Gmel.) Reynel	Justarrazón	6	20	3	Profunda
	<i>Zanthoxylum rigidum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Justarrazón	7	20	4	Profunda
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Hayo	0.5-5	2-10	1	Profunda
	<b><i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk.</b>	<b>Cotoperiz, cotopriz</b>	<b>3-5</b>	<b>10-30</b>	<b>2-4</b>	<b>Profunda</b>
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis americana</i> (Mill.) J.R. Johnst.	Pelamanos	6	25	6	Profunda
Zygophyllaceae	<b><i>Gonopterodendron arboreum</i> (Jacq.) Godoy-Bürki</b>	<b>Guayacán de bola</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>2-6</b>	<b>Profunda</b>

Tabla 24. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Acanthaceae	<i>Bravaisia integerrima</i> (Spreng.) Standl.	Nacedero costeño	12	60	10	Superficial
Annonaceae	<i>Xylopia ligustrifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Dunal	Burilico	15	30	5-10	Profunda
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Pepa de burra	8-12	20	5	Profunda
	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	4-10	8-30	2-5	Profunda
	<i>Annona montana</i> Macfad.	Anón, guanabana cimarrona	8	20-30	2-4	Profunda
Apocynaceae	<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	Plátano, Caimo plátano	4-15	10-40	4-6	Profunda
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Corozo baboso	4-15	40	4	Superficial fasciculada
	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Naidí solito	4-10	10	3	Fasciculada profunda
Asteraceae	<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav.	Sauce de playa, aliso	5-9	20	2-4	Profunda
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose	Guayacán polvillo	10	30	8	Profunda
	<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sandwith.	Guayacán rosado	14	30	7	Profunda
	<i>Crescentia cujete</i> L.	Mate, totumo, zumbo	4-10	10-40	3	Profunda
	<i>Handroanthus ochraceus</i> subsp. <i>neochrysanthus</i> (A.H. Gentry) S.O. Grose	Guayacán amarillo pequeño	4-10	6-15	4-10	Profunda
	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	Guayacán amarillo de pelos dorados	6-12	30-40	10	Profunda
	<i>Jacaranda hesperia</i> Dugand	Pinguacé, Cunista, Gualanday del Pacífico	8-10	40	5-6	Profunda
Boraginaceae	<i>Cordia eriostigma</i> Pittier	Niguito, Buriogre, Muñeco	4-12	10.30	3-7	Profunda
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i> L.	Totofando	10	30	4	Profunda

Tabla 25. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	Madroño	6-15	20-40	4-6	Profunda
	<i>Clusia ellipticifolia</i> Cuatrecasas	Mandul	8	30-40	6	Profunda y adventicia
Combretaceae	<b><i>Terminalia buceras</i> (L.) Wright</b>	<b>Olivo negro</b>	<b>4-10</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>Profunda</b>
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A. St.-Hil.	Coca de monte, Ají.	10	20	4	Profunda
Fabaceae	<b><i>Chloroleucon sempervivum</i> Silverstone</b>	<b>Para siempre</b>	<b>10-12</b>	<b>30-40</b>	<b>6-8</b>	<b>Profunda y superficial</b>
	<b><i>Mimosa trianae</i> Benth.</b>	<b>Yopo</b>	<b>10-15</b>	<b>30-40</b>	<b>20- 30</b>	<b>Profunda y superficial</b>
	<i>Parkia velutina</i> Benoist	Guabo vaina	10-15	30	3.7	Superficial nitofijadora
	<i>Senna spectabilis</i> H.S.Irwin & Barneby	Velero	12	40	12	Profunda
	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Guabo vaina, Rayo	15	40	15	Superficial
	<b><i>Calliandra pittieri</i> Standley</b>	<b>Carbonero común</b>	<b>4-10</b>	<b>40</b>	<b>6-8</b>	<b>Profunda y superficial</b>
	<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Pulle	Cobre	4-12	20	15	Profundas
	<b><i>Inga spuria</i> Willd.</b>	<b>Guamo arrollero</b>	<b>5-10</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>Profunda y superficial</b>
	<b><i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Humb. &amp; Bonpl. ex Willd.) Benth.</b>	<b>Muche, espino de mono, chiminango de humedal</b>	<b>5-15</b>	<b>20-40</b>	<b>3-6</b>	<b>Profunda</b>
	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guamo	6-10	25	6	Superficial y profunda
	<i>Inga vera</i> Willd.	Guamo bejuco	7-10	40	12	Profunda
	<i>Calliandra falcata</i> Bentham	Carbonero	8	30	6	Profunda y superficial
<b><i>Caesalpinia granadillo</i> Pittier</b>	<b>Granadillo</b>	<b>8-10</b>	<b>20-30</b>	<b>5-7</b>	<b>Profunda</b>	

Tabla 25. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Fabaceae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	Dormilón	8-15	30-60	8-10	Profunda y superficial
	<i>Calliandra coriacea</i> (Willdenow) Benth.	Carbonero de río	1-10	5-20	1-4	Profunda y superficial
	<i>Pithecellobium unguis-cati</i> (L.) Benth.	Buche	3-10	5-10	1-3	Profunda
	<b><i>Zygia longifolia</i> (Humb. &amp; Bonpl. ex Willd.) Britton &amp; Rose</b>	<b>Chípero, chíparo, suribio</b>	<b>5-15</b>	<b>10-100</b>	<b>2-20</b>	<b>Superficial y pivotante</b>
Hernandiaceae	<i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq.	Girador, cedro blanco	8-15	30	4-10	Profunda
Lauraceae	<i>Aiouea montana</i> (Sw.) R. Rohde	Jigua laurel	4-10	30	4-8	Medianament e profunda
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Sapotolongo, Castaño de agua	12	40	8	Profunda
	<b><i>Pachira insignis</i> (Sw.) Sw. ex Savigny</b>	<b>Cacao ornamental</b>	<b>4-15</b>	<b>20-50</b>	<b>4-10</b>	<b>Superficial blanda</b>
	<b><i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Fryxell</b>	<b>Majagua azul</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>Profunda</b>
Moraceae	<i>Ficus zarzalensis</i> Standl.	Higuerón	10	100	10	Superficial
Muntingiaceae	<b><i>Muntingia calabura</i> L.</b>	<b>Chitató, capulí (Caribe)</b>	<b>5-10</b>	<b>15-30</b>	<b>4-5</b>	<b>Profunda</b>
Myrtaceae	<b><i>Pimenta racemosa</i> (Mill.) J.W. Moore</b>	<b>Pimienta dulce, bay rum</b>	<b>4-12</b>	<b>3-20</b>	<b>1-4</b>	<b>Profunda</b>
	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr	Pimienta dulce, Allpices	7-12	20-60	1-4	Profunda
Passifloraceae	<i>Passiflora sphaerocarpa</i> Triana & Planch.	Granadilla arbórea	8	20	6	Profunda
Rubiaceae	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	Quina	4-10	12-40	6	Profunda
Rubiaceae	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson.	Cascarillo	9	20	8	Profunda
Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	Chucho	10-15	40	5	Profunda
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tachuelo	15	40	8	Profunda
Salicaceae	<b><i>Salix humboldtiana</i> Willd.</b>	<b>Sauce, sauce vela</b>	<b>4-15</b>	<b>10-40</b>	<b>4</b>	<b>Profunda</b>
Sapindaceae	<i>Tapirira guianensis</i> subsp. <i>subandina</i> Barfod & Holm-Niels.	Quince días, manteco	4-15	20-40	4-15	Profunda
Sapotaceae	<b><i>Chrysophyllum argenteum</i> subsp. <i>panamense</i> (Pittier) T.D. Penn.</b>	<b>Caimo morado, caimo regional</b>	<b>10-15</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>Profunda</b>

Tabla 25. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Hobo, jobo	10-20	50	20	Profunda
Arecaceae	<i>Copernicia tectorum</i> (Kunth) Mart.	Palma de techar llanera, Sará (Mompox)	10-20	20-30	4	Fasciculada profunda
	<i>Mauritiella macroclada</i> (Burret) Burret	Sinónimo: <i>Mauritiella pacifica</i> Dugand Palma quitasol	10-20	25	4	Fasciculada superficial
	<i>Sabal mauritiiformis</i> (H. Karst.) Griseb. & H. Wendl	Palmicha, Palma amarga	15-20	15-20	4-5	Profunda
Bignoniaceae	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Gualanday	10-25	20-80	7-20	Profunda
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Sinónimo: <i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl. Guayacán rosado	12-16	40	8	Profunda
	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	Sinónimo: <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson. Guayacán amarillo.	8-20	30-50	8-12	Profunda
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos Sinónimos:	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.; <i>Tabebuia dugandii</i> Standl. Guayacán rosado.	15-20	40-50	10-20	Profunda
Burseraceae	<i>Protium stevensonii</i> (Standl.) Daly	Sinónimo: <i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze Azucarito, anime	15-25	30-60		Profunda
Fabaceae	<i>Ormosia towarensis</i> Pittier	Chocho rojo	20	50	10	Superficial
	<i>Browneopsis excelsa</i> Pittier	Clavellino	10-25	40-80	10-15	Profunda
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Piñón de oreja, orejero	10-25	50-80	15	Superficial

Tabla 26. Listado de Especies de Talla Alta (15-25 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Fabaceae	<i>Machaerium capote</i> Dugand	Siete cueros, capote	15-20	60	7-10	Profunda, nitro fijadora
	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Alcornoco (Llanos)	8-20	30-70	5-20	Profundas
	<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose	Sangregallo	4-25	10-50	4-18	Profunda nitro fijadora
	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Diomate	15-25	30- 100	4- 15	Profunda
Lauraceae	<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.	Aguacatillo	15-20	50	12	Profundo
Lecythidaceae	<i>Lecythis minor</i> Jacq.	Olla de mono	10-20	60	10-20	Profunda
Malvaceae	<i>Trichospermum galeottii</i> (Turcz.) Kosterm.	Aliso	10-20	20-50	6	Profunda
	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Camajón, camajón duro	20	60	20	Superficial
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Cedro trompillo, cedro macho	10-25	30-50	10-15	Profunda
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Sinónimo: <i>Myrcia cucullata</i> O.Berg Arrayán	18	20	12	Profunda
Polygonaceae	<i>Triplaris americana</i> L.	Varasanta	10-20	20-40	4	Profunda
	<i>Triplaris melaenodendron</i> (Bertol.) Standl. & Steyerl.	Varasanta	15-20	40	8	Profunda
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jagua, huito, caruto	4-20	12.40	5-15	Profunda
Salicaceae	<i>Casearia americana</i> (L.) T. Samar. & M.H. Alford	Sinónimo: <i>Laetia americana</i> ). Manteco	15-20	60	6-12	Profunda
Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	Mestizo	17	40	13	Profunda
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito morado	10-20	50-60	15	Profunda
Zygophyllaceae	<i>Gonopterodendron carrapo</i> (Killip & Dugand) Godoy-Bürki	Sinónimo: <i>Bulnesia carrapo</i> Killip & Dugand Guayacán carrapo	17	40	10-14	Profunda

Tabla 26. Listado de Especies de Talla Alta (15-25 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels	Caracolí, espavé	10-40	25-100	8-30	Profunda
Arecaceae	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L. f.) Wess. Boer	Corozo de puerco, palma de vino	10-30	10-25	10-14	Fasciculada superficial
	<i>Bactris gasipae</i> s var. <i>chichagui</i> (H. Karst.) A.J. Hend.	Chontaduro silvestre regional	20	30	4-5	Fasciculada profunda
	<i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	Moriche macho	20-25	25-30	6	Superficial con neumatóforos
	<i>Mauritia flexuosa</i> L.f	Moriche, aguaje	20-30	25-60	4-6	Fasciculada superficial
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Aceite maria, cachicamo, barcino	10-30	30-80	10-12	Profunda
	<i>Calophyllum longifolium</i> Willd.	Mario	10-30	30-60	6-12	Profunda
Combretaceae	<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	Guayabillo negro	30	100	15-20	Profunda
	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Guayabillo	25-50	50-200	8-20	Profunda
Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	Harina seca, guacamayo	15-40	40-100	12-25	Superficial y profunda
	<i>Cassia moschata</i> Kunth.	Cañafistol	20-25	40-60	6-15	Profunda
	<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Cachimbo pisamo, pisamo	20-25	80-100	20-25	Superficial blanda
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Cachimbo	25-35	60	20	Superficial blanda
	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Dormilón	30-35	130	25-30	Superficial
	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	Roble, Trébol	35	80	25-30	Profunda
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Tambor	35	100	20	Superficial
Lecythidaceae	<i>Couropita guianensis</i> Aubl.	Bala de cañón	10-40	30-100	20. 30	Profunda y blanda
Malvaceae	<i>Pachira quinata</i> W.S. Alverson	Cedro caquetá	20-25	60-80	15	Profunda
	<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch	Guácimo real, Guácimo colorado	10-30	30-60	6-15	Profunda
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	30-50	100-200	30-50	Superficial
	<i>Cavanillesia platanifolia</i> (H.&B.) H.B.K.	Macondo, Bongo	40	100-150	20-30	Profunda
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	Sapote costeño	25-30	50	14	Profunda
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Níspero, Zapote costeño?	25-35	6-20	3-12	Profunda
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Pavito, Amargo	25	65	12	Profunda
Vochysiaceae	<i>Vochysia lehmannii</i> Hieron.	Angarillo	20-25	60	10-15	Profunda

Tabla 27 Listado de Especies de Talla Muy Alta (25-65 m)

#### **5.4. CONECTIVIDAD URBANO-RURAL**

La conectividad urbano-rural tiene como objetivo integrar la cabecera urbana con el Sistema Municipal de Áreas Protegidas (SIMAP) y los corredores de conectividad definidos en el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD). La integralidad de los ecosistemas en la interface urbano-rural es esencial para mantener el flujo de servicios ecosistémicos desde el sector periurbano y rural (provisión de alimentos, regulación de y provisión del agua, prevención de desastres, entre otros). Adicionalmente, la conectividad e integralidad de los ecosistemas, particularmente de los sistemas hídrico y orográfico, garantiza el flujo de la biodiversidad hacia el entorno urbano al reducir la fragmentación del hábitat.

La cabecera urbana de Guadalajara de Buga se ubica entre la zona de piedemonte de la Cordillera Oriental y la zona agrícola dominada por el cultivo de caña de azúcar hacia el occidente. El Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Laguna de Sonso y la zona de regulación del río Cauca dispuesta por el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD) se ubica a 2 km al occidente de la cabecera urbana. El piedemonte de la Cordillera Oriental da forma a un sistema de suaves colinas, las cuales definen la identidad visual del territorio.

En el sentido oriente-occidente, los principales ecosistemas de conectividad urbano-rural son el río Guadalajara y las quebradas Lechugas, Honda (o La Pachita) y Varelas (Figura 31). El río Guadalajara es el elemento principal de conectividad de la zona urbana debido a su dimensión y la conservación de su área forestal protectora a su paso la cabecera urbana. El río Guadalajara garantiza una conectividad ecosistémica entre el río Cauca hacia el occidente y la Reserva Nacional Forestal (RNF) de Buga hacia la Cordillera Oriental. En los lineamientos para áreas del sistema hídrico, se proponen acciones para mejorar su condición de ecosistema de conectividad.





Las quebradas Lechugas, Honda (o La Pachita) y Varelas son ecosistemas de conectividad hacia la Cordillera Oriental, pero han sido drásticamente alteradas a su paso por la cabecera urbana. Para recuperar su condición de hábitat para la biodiversidad y su función como elemento de conectividad urbano-rural, se proponen lineamientos para áreas del sistema hídrico. Estas quebradas continúan su recorrido hacia el río Cauca a través de los cultivos de caña de azúcar, por lo cual es importante establecer áreas forestales protectoras que permitan la continuidad del ecosistema entre la Cordillera Oriental y el río Cauca.

Otro elemento de conectividad urbano-rural hacia el río Cauca y el sistema de humedales son los canales de riego agrícola ubicados en el occidente de la cabecera urbana (Figura 31). La red de quebradas y drenajes naturales fue reemplazada por un sistema de canales bien articulado que deriva el agua de las quebradas Lechugas, Honda (o La Pachita) y Varelas después de su paso por la cabecera urbana. En este sentido, constituyen la memoria del agua y pueden ser intervenidos como Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP) para mejorar su función como elementos de conectividad ecológica, estableciendo un área forestal de conservación a lo largo de su recorrido. La adecuación de las numerosas acequias y canales de riego agrícola como ecosistemas garantizaría una red ecológica lo suficientemente densa y articulada, para garantizar el flujo de la biodiversidad entre el río Cauca, el sistema de humedales, la cabecera urbana y la Cordillera Oriental.

En el sentido norte-sur, los principales elementos de conectividad urbano-rural son el sistema orográfico de piedemonte y la acequia Chambimbal. La acequia Chambimbal es un canal artificial derivado del río Guadalajara que recorre el límite oriental del perímetro urbano. Constituye un elemento importante en la conectividad urbano-rural por su ubicación en el piedemonte de la Cordillera Oriental y su relación con las quebradas Lechugas, Honda (o La Pachita) y Varelas. Adicionalmente, la acequia Chambimbal incluye 14.28 ha de áreas ENEP a lo largo de su recorrido que pueden adecuarse como espacio público. Para mejorar su función como ecosistema, en los lineamientos para el sistema hídrico se propone su renaturalización y el establecimiento de su área forestal protectora.

El sistema orográfico de piedemonte conserva en gran medida su condición de bosque y define el paisaje visual de la cabecera urbana. Hacia el sur de la cabecera urbana, el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD) define un Corredor Mixto, que plantea la conectividad ecológica hacia la RNF de Buga a través del río Guadalajara. El POTD también define un Corredor de Protección que conecta el Parque Natural Regional (PNR) El Vínculo, el DRMI Laguna de Sonso y el río Cauca.

Como principal estrategia conectividad entre la cabecera urbana y los ecosistemas rurales, el Programa de Mejoramiento propone el establecimiento de un corredor de conservación entre el PNR El Vínculo y la cabecera urbana, a través del sistema orográfico de piedemonte. Esto implica reconstruir el ecosistema de piedemonte con bosques de Sietecueros (*Machaerium capote*), Aromos (*Vachellia farnesiana*) y Trapicheros (*Vachellia pennatula*), varias especies de tachuelos y Justarrazón (*Zanthoxylum rhoifolius*, *Z. fagara*, *Z. monophullum*) y Totocales (*Achatocarpus nigricans*). Los usos del suelo que se desarrollen en este corredor deben ser compatibles con la conservación del ecosistema y permitir el flujo de la biodiversidad entre el PNR El Vínculo y la cabecera urbana.

ACCIONES PARA FORTALECER LA CONECTIVIDAD URBANO-RURAL	
SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE	SENTIDO NORTE-SUR
Recuperar las quebradas Lechugas, Honda (o La Pachita) y Varelas hacia el piedemonte de la Cordillera Central y hacia el río Cauca.	Renaturalizar la acequia Chambimbal con bosque ripario y adecuar áreas ENEP (14.28 ha) como espacio público.
Renaturalizar el sistema de acequias y canales de riego agrícola con bosque ripario, como ecosistemas de conectividad entre la cabecera urbana, el sistema de humedales y el río Cauca.	Constituir un corredor de conservación en el piedemonte de la Cordillera Central, entre la cabecera urbana y el PNR El Vínculo.

Tabla 28. Síntesis de la Estrategia de Conectividad Urbano-Rural

## 5.5. ESTRUCTURA ECOLÓGICA URBANA

La estructura ecológica municipal se define como “el conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones” (Decreto 3600 de 2007, compilado por el Decreto 1077 de 2015).

La estructura ecológica urbana tiene como propósito mantener sus servicios ecosistémicos en el ámbito urbano y mitigar el impacto de la fragmentación de ecosistemas causado por el proceso de urbanización. Su definición guarda estrecha relación con la estrategia de conectividad urbano-rural, con el fin de consolidar la conectividad ecológica de la cabecera urbana entre el Sistema Municipal de Áreas Protegidas (SIMAP) y los corredores de conectividad regionales definidos en el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD).

La estructura ecológica urbana se compone de áreas núcleo y corredores ecológicos, que ayudan a mantener las funciones ecosistémicas y las interrelaciones ecológicas, incluyendo espacios naturales y transformados, públicos y privados. La estructura ecológica urbana se compone por:

1. **Áreas núcleo:** espacios verdes o ecosistemas urbanos con una alta calidad ecológica en relación con el paisaje urbano (bosques, humedales, cerros, parques, equipamientos con valor ambiental, entre otros).
2. **Corredores ecológicos:** espacios lineales que garantizan el desplazamiento de la fauna y la propagación de la flora. Los corredores facilitan el movimiento de la biodiversidad entre los núcleos y el intercambio genético entre las diversas poblaciones. Los principales corredores ecológicos urbanos son los ríos y quebradas, pero también cumplen esta función los parques lineales, calles arboladas, separadores verdes, entre otros.

En la Figura 32, se identifican los elementos de la estructura ecológica de la cabecera urbana de Guadalajara de Buga.



Figura 32. Elementos de la Estructura Ecológica Urbana

Para la cabecera urbana de Guadalajara de Buga, se definen los siguientes elementos que conforman la estructura ecológica:

### ***Áreas Núcleo***

1. Áreas de Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP). Son los elementos naturales de mayor jerarquía en la estructura ecológica. Garantizan la conectividad con los ecosistemas rurales y constituyen también corredores de conectividad. Las áreas ENEP identificadas en el diagnóstico son: río Guadalajara, acequia Chambimbal, quebrada Honda, quebrada Varelas, zanjón Lechugas, parque del barrio Santa Rita.
2. Conjunto de parques y zonas verdes. Los parques y zonas verdes, en sus diferentes escalas, son los siguientes elementos en importancia de la estructura ecológica urbana. Los parques y zonas verdes son más abundantes en la zona sur y norte de la cabecera urbana, mientras la zona centro presenta un déficit de estos elementos.
3. Equipamientos de alto valor ambiental. Son áreas de dominio privado que, por sus características ambientales, aportan a la generación de hábitat. La mayoría de estos espacios se encuentran en la zona sur y norte de la cabecera urbana, mientras la zona centro presenta un déficit de equipamientos con valor ambiental.

### ***Corredores***

En la cabecera urbana de Guadalajara de Buga, se han identificado una serie de corredores naturales urbanos, que son de vital importancia para la cohesión ecológica del territorio. Los corredores naturales están constituidos en su mayoría por los ENEP: río Guadalajara, acequia Chambimbal, quebrada Honda, quebrada Varelas, zanjón Lechugas. Estos cuerpos de agua desempeñan un papel crucial en la configuración del paisaje y del hábitat local, y es de suma importancia preservar su integridad y contemplar su adecuada integración en el diseño urbano, promoviendo su accesibilidad, valoración y enriquecimiento ecológico con especies arbóreas y palmas de sucesión intermedia y tardía.

Un elemento que complementa y enriquece la red de corredores naturales es el corredor férreo, una infraestructura lineal que atraviesa la ciudad y que cuenta con una zona de protección de 12.5 metros a cada lado. Este corredor tiene un potencial significativo para ser transformado en un eje ecológico y recreativo, aportando a la calidad ambiental y al bienestar de la población. El enriquecimiento ecológico del corredor férreo puede lograrse a través de la plantación de especies de raíz profunda, que además de aportar verde al paisaje, garantizan la estabilidad del terreno y no comprometen la infraestructura ferroviaria. Las palmas, en particular, pueden ser una excelente opción para este fin, por su adaptabilidad, belleza y menor riesgo de afectar la línea férrea. El diseño del corredor férreo puede contemplar la creación de una serie de parques lineales, zonas verdes y equipamientos de carácter social y cultural, que se desplieguen a lo largo del corredor.

Se deben desarrollar senderos peatonales y ciclorutas a lo largo del corredor férreo y los corredores naturales, creando una red de movilidad activa que favorezca los desplazamientos no motorizados y conecte distintas zonas de la ciudad. La arborización de las calles aledañas a estos corredores puede complementar estas intervenciones, mejorando la accesibilidad a los corredores y la calidad del paisaje urbano.

En la cabecera urbana de Guadalajara de Buga se identificó un déficit de corredores ecológicos que permitan la conectividad entre las áreas núcleo (parques y zonas verdes). Para fortalecer la estructura ecológica, se debe establecer una red de corredores ecológicos que conecten los espacios verdes de la ciudad. Las calles verdes son una estrategia de diseño urbano que puede desempeñar un papel importante en la mejora de la conectividad del paisaje en la zona urbana.

## ***Calles Verdes***

### ***Estrategia para Fortalecer la Estructura Ecológica Urbana***

Considerando la fragmentación del hábitat producto del desarrollo urbano y el aislamiento de las áreas núcleo de la estructura ecológica, se proponen las Calles Verdes como estrategia para fortalecer los corredores ecológicos en la cabecera urbana. Las Calles Verdes ofrecen conectividad ecológica entre las áreas núcleo y ayudan a compensar la falta de espacios verdes en entornos urbanos de alta densidad. Desde el enfoque de diseño socio-ecológico del espacio público, las Calles Verdes deben proveer beneficios a la biodiversidad y a las personas de forma integrada y complementaria, según los siguientes principios:

1. Optimizar la provisión de servicios ecosistémicos (filtración del aire, reducción de las Islas de Calor Urbano (ICU), regulación del ciclo del agua, reducción del ruido, hábitat para la biodiversidad, provisión de fibras y alimentos, entre otros).
2. Proveer hábitat, alimento y refugio a la biodiversidad. La vegetación propuesta es diversa en familias, géneros y especies arbóreas. Los ensambles botánicos constituyen agrupaciones diseñadas para proveer hábitat, alimento y refugio a una diversidad de especies de fauna durante todo el año.
3. Incorporar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), para manejar las aguas lluvias como un recurso valioso, mejorando su calidad a través de procesos naturales y mitigando el riesgo de inundaciones al restaurar el ciclo del agua.
4. Estimular la movilidad no motorizada, mejorando las condiciones de habitabilidad para peatones y ciclistas a través de corredores con alta calidad ambiental y reducido tráfico vehicular.
5. Contribuir a aumentar el índice espacio público efectivo, en el caso configurar calles como parques lineales, adecuando espacios de permanencia para el encuentro y la recreación.

Las Calles Verdes están enfocadas en el cumplimiento del Objetivo 3 (conectar y articular los ENEP) y contribuyen al cumplimiento del Objetivo 4 (aumentar el índice de espacio público efectivo), Objetivo 5 (enriquecer el arbolado urbano), Objetivo 6 (aumentar la superficie verde en el espacio público), Objetivo 7 (disminuir las ICU), Objetivo 8 (Integrar SUDS) y Objetivo 9 (implementar estrategias de participación y educación ambiental). La Figura 33 presenta el planteamiento general de Calles Verdes en la cabecera urbana.





Figura 33. Calles Verdes – Propuesta General



Figura 34. Calles Verdes – Sector Centro



Figura 35. Calles Verdes – Sector Norte



Figura 36. Calles Verdes – Sector Centro Oriente

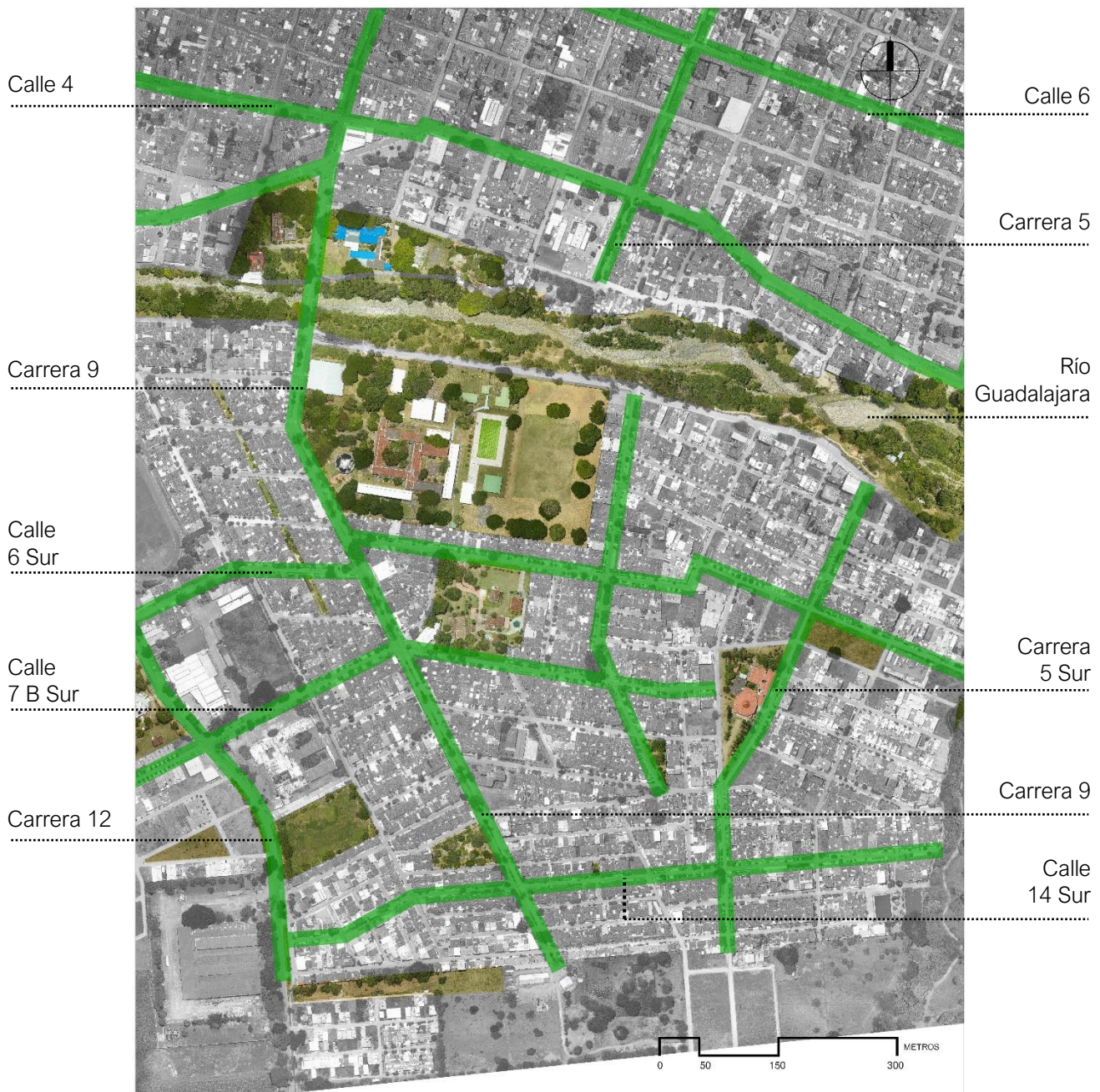


Figura 37. Calles Verdes – Sector Sur Occidente



Figura 37. Calles Verdes – Sector Sur Oriente



## 5.6. ÁREAS DEL SISTEMA OROGRÁFICO

La cabecera urbana de Guadalajara de Buga se ubica entre la zona de piedemonte de la Cordillera Oriental y la zona agrícola dominada por el cultivo de caña de azúcar hacia el occidente. El Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Laguna de Sonso y la zona de regulación del río Cauca dispuesta por el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD) se ubica a 2 km al occidente de la cabecera urbana. El piedemonte de la Cordillera Oriental conforma un sistema colinado de baja altura, conformado por pequeñas colinas de alto valor paisajístico que definen de la identidad visual del territorio.

El sistema orográfico de piedemonte conserva en gran medida su condición de bosque y define el paisaje visual de la cabecera urbana hacia el oriente. Hacia el sur de la cabecera urbana, el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD) define un Corredor Mixto, que plantea la conectividad ecológica hacia la RNF de Buga a través del río Guadalajara. El POTD también define un Corredor de Protección que conecta el Parque Natural Regional (PNR) El Vínculo, el DRMI Laguna de Sonso y el río Cauca.

Los siguientes lineamientos para el sistema orográfico se aplican al corredor de conservación propuesto entre el PNR El Vínculo y la cabecera urbana. Esto implica reconstruir el ecosistema de piedemonte con bosques de Sietecueros (*Machaerium capote*), Aromos (*Vachellia farnesiana*) y Trapicheros (*Vachellia pennatula*), varias especies de tachuelos y Justarrazón (*Zanthoxylum rhoifolius*, *Z. fagara*, *Z. monophyllum*) y Totocales (*Achatocarpus nigricans*). Los usos del suelo que se desarrollen en este corredor deben ser compatibles con la conservación del ecosistema y permitir el flujo de la biodiversidad entre el PNR El Vínculo y la cabecera urbana.



Humedal  
El Cedral o  
Sandrana

Ciénaga  
Tiacunte

Madrevieja  
Cantaclaro

Sistema de  
canales de riego  
agrícola

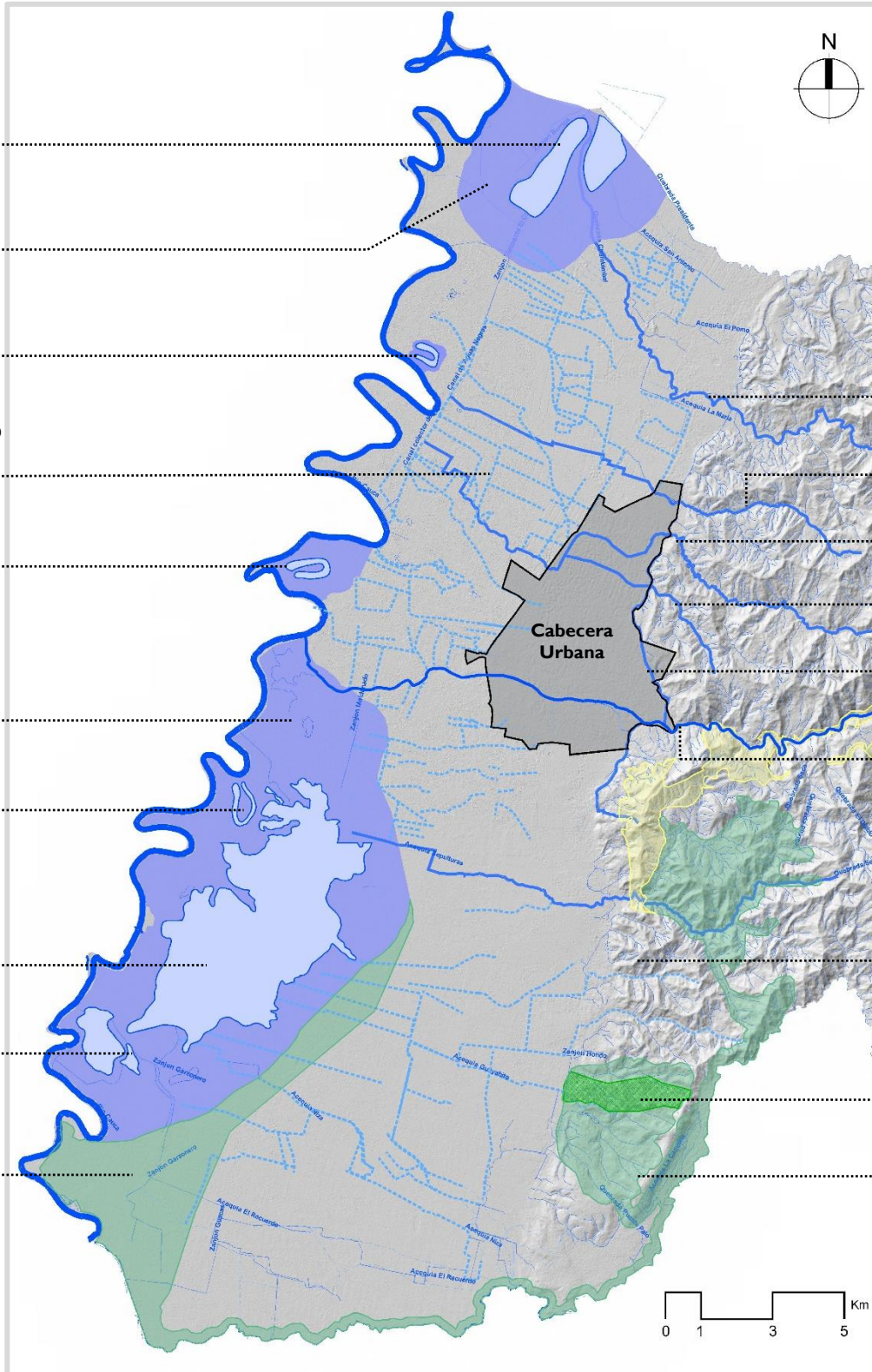
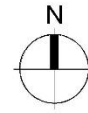
Madrevieja  
La Trozada

Zona de  
Regulación Río  
Cauca (POTD)

Madrevieja  
La Marina

Ciénaga El  
Chircal o Sonso

Corredor de  
Protección  
(POTD)



Acequia  
La María

Quebrada  
Lechugas

Quebrada  
Honda

Quebrada  
Varelas

Acequia  
Chambimbal

Río  
Guadalajara

Corredor  
Mixto  
(POTD)

PNR  
El Vínculo

Figura 38. Contexto Ambiental de la Cabecera Urbana

### ***Seleccionar el Tipo de Siembra de Acuerdo a las Necesidades de la Cuenca***

La Figura 39 explica las posibilidades de tipos de siembra a lo largo del corredor de conservación propuesto entre la cabecera urbana y el PNR El Vínculo, de acuerdo a las diferentes necesidades y usos del suelo. Los diferentes tipos de siembra tienen como propósito hacer compatibles los usos del suelo con el objetivo de conservación, de manera que se permita el flujo de la biodiversidad entre el PNR El Vínculo y la cabecera urbana.

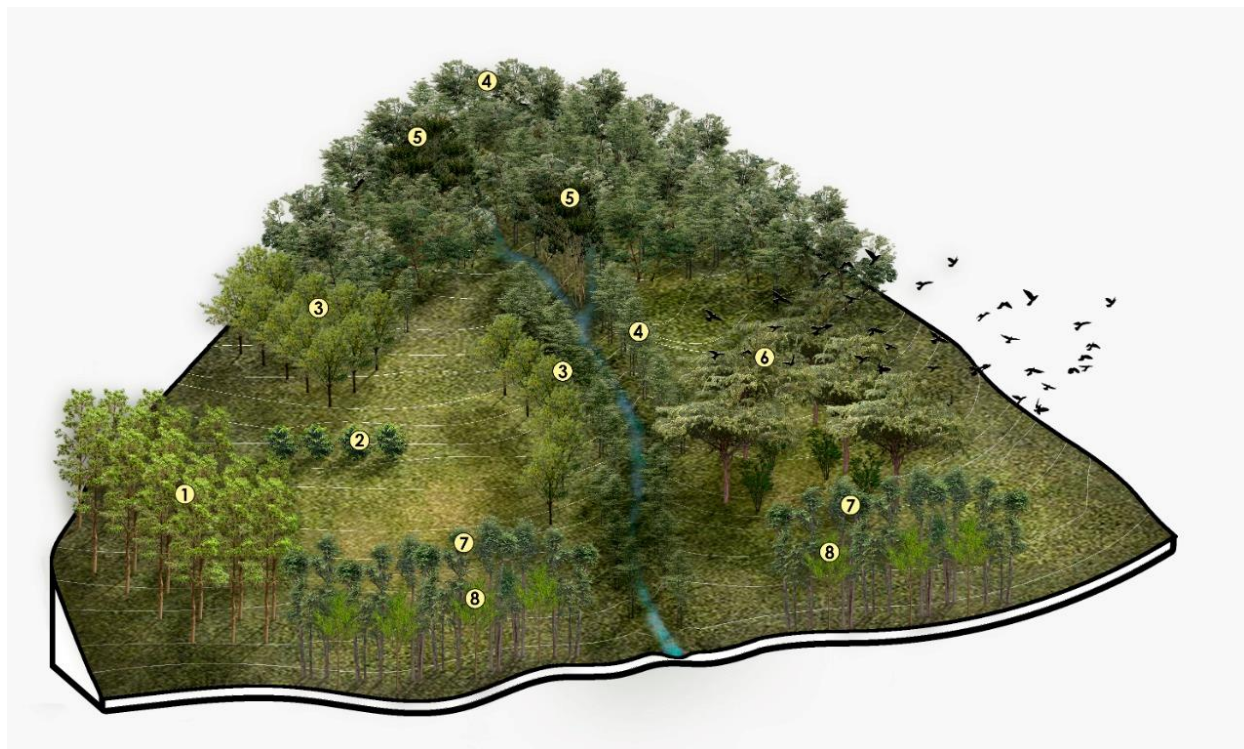
Los enriquecimientos de borde de bosques consisten en sembrar plántulas de especies de estados sucesionales avanzados en las zonas sombreadas por los bosques pioneros o de bordes de bosque, aprovechando su sombrero previo. Este tipo de siembras se hacen en etapas sucesivas y buscan aumentar la diversidad de los bosques existentes y para la conservación de especies amenazadas.

Las cercas vivas evitan la tala de árboles regionales para establecer los cercos usados para aislar propiedades, pero también pueden ser diseñadas como fuente de maderas o bosques dendroenergéticos para la producción local o comercial de leña, para satisfacer la creciente demanda de los restaurantes regionales y urbanos de alimentos asados en leña.

Los enriquecimientos de bosques con interés funcional o de conservación, buscan que bosques pirógenos se transformen en bosques menos proclives a los incendios, o que bosques no interceptores de niebla adquieran esa capacidad importante para aumentar el potencial hídrico de toda la cuenca.

Los setos o bosques rompevientos o rompefuegos agrupan arreglos de plantas que ofrecen resistencia al viento o son resistentes a incendios estacionales. Usualmente agrupan especies de baja talla y copas densas.

Los cultivos forestales convencionales suelen ser arreglos empobrecidos en términos de la diversidad de especies y reciben manejo de fertilización, podas, entresacas y cosecha como cualquier otro cultivo. Los cultivos como los frutales, café, cacao, aguacate entre otros son cultivos permanentes, y su ubicación no está necesariamente integrada con los bosques circundantes.



*Figura 39. Tipos de Siembra de Acuerdo a las Necesidades de la Cuenca*

1. *Cultivos forestales convencionales.*
2. *Cultivos permanentes*
3. *Enriquecimiento de bosque ripario*
4. *Enriquecimiento de bosques con interés funcional o de conservación*
5. *Bosque de conservación.*
6. *Setos o bosques rompevientos o rompefuegos*
7. *Cercas vivas*
8. *Cercas vivas*

### ***Plantar Árboles en Zanjas de Infiltración***

Las zanjas de infiltración buscan que las aguas lluvias y suelos lixiviados se acumulen en cotas por encima de los árboles sembrados. Tiene el problema que pueden aumentar los riesgos de solifluxión. El agua infiltrada se puede acumular entre las zonas rocosas impermeables del suelo y las zonas permeables al agua. Se crea una discontinuidad y el agua acumulada permite que el material poroso del subsuelo se deslice sobre la capa acuosa, que es una de las causas de muchos de los derrumbes o movimientos en masa en las zonas de laderas urbanas de ciudades colombianas.

Las zanjas de infiltración buscan también el acceso de oxígeno hacia áreas de las raíces en zonas donde los suelos son muy pesados o compactados por el pisoteo del ganado. Estas áreas se identifican fácilmente por la presencia de terrazas de sobrepastoreo. En zonas con problemas del subsuelo se logra hacer intervenciones para el establecimiento de árboles en terrenos llanos y de laderas mediante el uso de detonación controlada de explosivos para la creación de zonas de infiltración del agua y para el crecimiento de raíces de los árboles plantados, de modo más rápido y posiblemente más económico que las zanjas de infiltración.



*Figura 40. Plantar Árboles en Zanjas De Infiltración*

● Disponibilidad de oxígeno  
decreciente y aumento de contenido  
de humedad

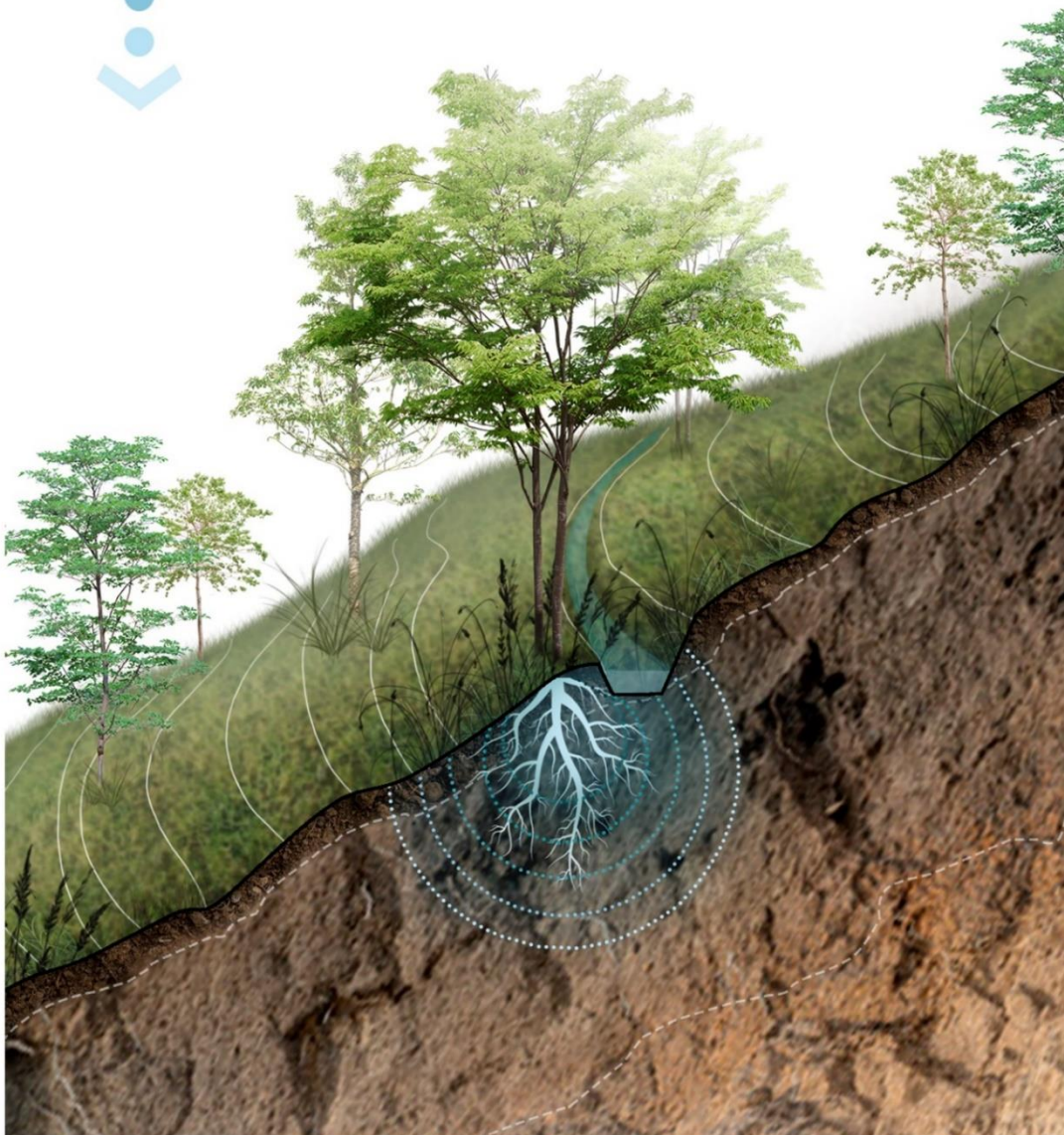


Figura 41. Efecto de las Zanjas de Infiltración

## 5.7. ÁREAS DEL SISTEMA HÍDRICO

Las áreas ENEP asociadas al sistema hídrico en Guadalajara de Buga están localizadas a lo largo del río Guadalajara, la acequia Chambimbal, quebrada Honda y zanjón Lechugas. Las áreas ENEP se clasificaron de acuerdo a su cobertura de suelo en tres categorías:

ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO (ENEP)	ÁREAS (ha)			
	TOTAL	PRESERVACIÓN	RESTAURACIÓN	CONSTRUIDO
Río Guadalajara	32.67	28.17	3.01	1.49
Acequia Chambimbal	14.28	12.09	1.97	0.22
Quebrada Honda	11.03	5.77	4.95	0.31
Zanjón Lechugas	2.62	2.51	0.11	0
<b>TOTAL AREAS ENEP</b>	<b>60.6</b>	<b>48.54</b>	<b>10.04</b>	<b>2.02</b>
<b>PORCENTAJES</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>17%</b>	<b>3%</b>

*Tabla 29. Clasificación de Áreas ENEP del Sistema Hídrico*

- 1) **Preservación:** son áreas con cobertura arbórea, identificadas con color amarillo en el diagnóstico. Estas áreas presentan en su mayoría una baja diversidad florística y predominio de especies de amplia distribución, pioneras y, en algunos casos, introducidas. En estas áreas se propone un enriquecimiento de bosque con la introducción de especies de estadios sucesionales intermedios y avanzados.
- 2) **Restauración:** son áreas sin cobertura arbórea, identificadas con color azul en el diagnóstico. En estas áreas se propone la siembra masiva de especies con diferentes tipos de crecimiento (árboles y palmas de diferentes tamaños) en configuraciones donde deben dominar las especies de sucesión temprana.
- 3) **Construido:** son áreas que presentan construcciones (edificaciones y pavimentos), identificadas con color rojo el diagnóstico. Estas áreas corresponden a procesos de ocupación con vivienda y otros usos dentro las áreas ENEP, así como canchas deportivas con pavimentos impermeables. El manejo de estas áreas debe analizarse en cada caso para definir las posibilidades de recuperar la cobertura arbórea e iniciar procesos de restauración ecológica.



Figura 42. Localización de Zonas Verdes y Áreas ENEP en la Cabecera Urbana

## ***Lineamientos Generales para Áreas del Sistema Hídrico***

Los lineamientos que se presentan a continuación se enmarcan dentro del enfoque de Diseño de Cauces Naturales (Rosgen, 2011), el cual utiliza los principios de la geomorfología y ecología de cursos de agua para restaurar el carácter natural y los servicios ecosistémicos asociados a los sistemas hídricos. Este enfoque es particularmente importante en el caso de Guadalajara de Buga, donde las quebradas provenientes de la Cordillera Central (Lechugas, Varelas o La Pachita) han sido rectificadas y convertidas en canales trapezoidales lineales revestidos de concreto a su paso por el perímetro urbano.

El diseño tradicional de canales de drenaje urbano (Figura 43), basado en canales trapezoidales revestidos en concreto y otros materiales impermeables, están diseñados para recolectar y drenar rápidamente la esorrentía de aguas pluviales, generando un incremento en la velocidad y el volumen de agua, lo cual tiene como consecuencia mayores picos de caudal. En el contexto del cambio climático, esto aumenta el riesgo de inundaciones aguas abajo y genera procesos erosivos que degradan los cuerpos receptores de agua. Una de las principales desventajas de este enfoque es el deterioro del hábitat para la biodiversidad y la pérdida de la conectividad que ofrecen las áreas forestales protectoras.

El diseño natural de canales de drenaje urbano (Figura 44) proporciona funciones hidráulicas (transporte de agua y control de inundaciones), geomórficas (control de la erosión y transporte de sedimentos) y ecológicas (hábitat y calidad del agua) de forma complementaria. Se presta especial atención a la restauración del bosque asociado al curso de agua (bosque ripario ó Área Forestal Protectora), cuya vegetación proporciona alimento y hábitat para diversas especies de aves, mamíferos, reptiles y fauna acuática, conformado corredores ecológicos y mejorando la conectividad entre ecosistemas urbanos y rurales. La vegetación de ribera mejora la calidad del agua al filtrar los sedimentos y otros contaminantes del flujo superficial y subterráneo.

El Diseño de Cauces Naturales es un enfoque complementario de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Ambos enfoques de gestión del agua urbana tienen como objetivo recuperar la hidrología previa al desarrollo, mitigar la contaminación del agua y restaurar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados. Para ambos enfoques se requieren equipos multidisciplinares donde convergen la ingeniería hidráulica y sanitaria, biología, geología, ecología y arquitectura del paisaje.





*Figura 43. Diseño Tradicional de Drenaje Urbano. Río Isar, Alemania*  
Fuente: <https://depositphotos.com/112622174/stock-photo-water-channel-of-river-isar.html>



*Figura 44. Diseño Natural de Drenaje Urbano. Quebrada Chesapeake, EE.UU.*  
Fuente: <https://www.novaregion.org/1468/Stream-Corridor-Restoration>

## ***Integrar el Curso de Agua con el Sistema de Espacio Público***

La integración de las áreas del sistema hídrico con el sistema de espacio público es una condición para su conservación y uso sostenible. La forma más efectiva es delimitar el curso de agua y su Área Forestal Protectora (AFP) es a través del trazado de una vía vehicular. Esta vía constituye un límite que impide la ocupación y degradación del curso de agua y su bosque de protección. El trazado de un sendero peatonal es una opción en los casos en los cuales no es posible el trazado de la vía vehicular. Después de delimitar el AFP y el curso de agua, se plantea el trazado de sendero peatonal (2 m), zona verde (1.5 m), ciclorruta unidireccional (2.4 m) o bidireccional (4 m), zona verde (1.5 m) y calzada vehicular. Esta disposición permite separar el tráfico motorizado y no motorizado, protegiendo de esta forma al ciclista y peatón. Las dos franjas de zona verde ubicadas entre la calzada vehicular y la ciclorruta, y entre la ciclorruta y el sendero peatonal, permiten la conformación de un corredor arbolado que ofrece sombra a lo largo del recorrido.



*Figura 45. Integración del Curso de Agua en el Espacio Público*

### ***Garantizar La Capacidad Hidráulica del Cauce y la Llanura Aluvial***

Garantizar la capacidad del canal principal y su llanura aluvial (parte del AFP) para contener el caudal de diseño y las inundaciones periódicas es un objetivo principal de los proyectos de restauración de cursos de agua. En un curso de agua natural, la corriente se desborda de su canal principal cada 1.5 años en promedio. Esto permite que los contaminantes se procesen en la llanura aluvial y se mantenga la ecología del área forestal protectora. Las inundaciones periódicas sobre la ribera son un proceso esencial en el mantenimiento de la ecología de la llanura aluvial. La capacidad del canal y su llanura aluvial se calculan con métodos convencionales a partir de fórmulas de ingeniería hidráulica.

### ***Garantizar La Estabilidad del Cauce y la Llanura Aluvial***

La estabilidad del canal es un objetivo principal de los proyectos de restauración de cursos de agua, lo cual implica estabilizar los bancos en erosión y garantizar que la estabilidad del AFP durante las inundaciones. En canales serpenteantes, algo de migración lateral es natural: la ubicación del canal puede cambiar, mientras que las dimensiones permanecen aproximadamente constantes. En tales casos, se puede permitir que el canal migre, pero se pueden establecer criterios de evaluación para asegurar que las dimensiones del canal permanezcan dentro de un rango aceptable. La vegetación ribereña empleada para la estabilización de bancos puede no realizar su función deseada hasta después de 3-5 años de crecimiento para establecer sus raíces. La vegetación se vuelve más resistente a la erosión a medida que se establece la red de raíces, de modo que las posibilidades de un establecimiento exitoso aumentan con el tiempo. Entre el año 1 y 5, los diseñadores deben desarrollar estrategias para garantizar la estabilidad del canal y su llanura aluvial en ausencia de vegetación protectora.

## ***Establecer el Área Forestal Protectora***

La integridad del ecosistema hídrico depende directamente de las comunidades de vegetación ribereñas. Los bosques ribereños proporcionan alimento y refugio a muchos organismos (aves, mamíferos, insectos, reptiles, anfibios) y determinan la abundancia de luz en los ecosistemas acuáticos y terrestres circundantes. En el contexto del Valle del Cauca, los bosques asociados a cursos de agua son con frecuencia la única conexión entre bosques aislados y, por lo tanto, de ellos depende la supervivencia de un gran número de especies de plantas y animales. El ecosistema del curso de agua (río, quebrada, zanjón, canal de drenaje urbano) está compuesto por 2 zonas claramente diferenciadas:

- **Zona 1.** Área adyacente al curso de agua con bosque no perturbado conformado por árboles de rápido crecimiento tolerantes a las inundaciones permanentes y plantas herbáceas (por ejemplo *Guadua angustifolia*) que estabilizan los bancos.
- **Zona 2.** Llanura aluvial compuesta de árboles y palmas tolerantes a las inundaciones periódicas, que proporcionan un hábitat para la vida silvestre y mitigan los contaminantes.
- **Zona 3.** Bosque no inundable compuesto por árboles y palmas asociados al sistema hídrico, que proporcionan un hábitat para la vida silvestre y mitigan los contaminantes.



Figura 46. Zonificación del Área Forestal Protectora

## ***Optimizar las Condiciones del Hábitat***

La heterogeneidad estructural de los hábitats se considera uno de los principales factores explicativos asociados con un alto grado de diversidad biológica (Rosenzweig 1995b). La heterogeneidad estructural de un hábitat se puede describir por sus componentes abióticos y bióticos. Los componentes abióticos a escala local que afectan la biodiversidad urbana incluyen topografía, condiciones del suelo, condiciones de sol y sombra, diversidad de sustrato, presencia de material orgánico en descomposición, y presencia de ecotonos (zonas de transición). La presencia de ambientes acuáticos aumenta aún más la heterogeneidad del hábitat. Los componentes bióticos se refieren a las interacciones entre organismos e incluyen características de la vegetación como la composición, la estructura física y la cobertura que afectan la disponibilidad de microhábitat y, por lo tanto, la diversidad de grupos taxonómicos.

Un sistema de alta heterogeneidad estructural tendrá más nichos que un sistema menos heterogéneo, lo que contribuye a una mayor biodiversidad. La diversidad de vegetación y la conformación de bosques multiestrato, combinando árboles y palmas de diferentes tamaños en diversas combinaciones a lo largo del curso de agua es la forma más efectiva de optimizar el hábitat. Aumentar los estratos de vegetación aumenta el hábitat y los recursos disponibles para muchos grupos de especies, incluidos insectos, aves, mamíferos, reptiles y anfibios. En las tablas 28-29 se presenta el listado de árboles y palmas de talla baja (3-8 m), media (8-15 m), altas (15-25 m) y muy altas (25-50 m), adaptadas para bosques asociados al sistema hídrico.

Mayor sinuosidad del curso de agua aumenta la longitud de hábitat disponible y favorece la creación de “bahías” (secas o húmedas), que son importantes para las especies que necesitan niveles de protección altos. Piedras, rocas o fragmentos de concreto reciclado ubicados en el cauce y la llanura aluvial proporcionan hábitat y refugio para las comunidades de fauna acuática. Los invertebrados utilizan las grietas y hendiduras como refugio; abejas y avispa pueden usarlo como sitios de anidación. La madera y otros materiales orgánicos en descomposición ofrecen una serie de microhábitats y oportunidades de alimentación para invertebrados y hongos. Las zonas de transición entre diferentes tipos de hábitats, en lugar de bordes abruptos, permite el establecimiento de una variedad de plantas y favorece el movimiento de la fauna a través de los diferentes hábitats.

### ***Seleccionar Especies Arbóreas Adecuadas***

Para la conservación y enriquecimiento de los ecosistemas hídricos, es importante seleccionar especies de árboles y palmas adecuadas. Los bosques riparios son hábitats cruciales para una amplia variedad de especies animales, incluyendo aves, mamíferos, anfibios y reptiles. Las especies adaptadas a estos bosques proporcionan alimento, refugio y sitios de reproducción para la fauna local. Al seleccionar especies adecuadas para los bosques riparios, se fomenta la preservación de la biodiversidad y se promueve la existencia de hábitats para las especies que dependen de estos bosques.

El listado de especies seleccionadas para el fortalecimiento de los ecosistemas hídricos (Tablas 43-46) tienen características específicas para prosperar en este tipo de ecosistema. Estas especies exhiben tolerancia al agua, siendo capaces de soportar períodos de inundación y suelos húmedos. Algunas especies desarrollan raíces respiratorias que emergen del suelo y les permiten obtener oxígeno directamente del aire, evitando la asfixia radicular.

Las especies de árboles y palmas que se encuentran en los bosques riparios desempeñan un papel fundamental en la protección contra inundaciones y la mejora de la calidad del agua. Su capacidad para absorber y retener grandes cantidades de agua a través de sus raíces profundas y extensas ayuda a reducir el flujo de agua durante las inundaciones, mitigando los picos de caudal.

Otra contribución clave de las especies seleccionadas es su capacidad para filtrar y depurar el agua. A través de sus raíces y el suelo circundante, actúan como filtros naturales que retienen y eliminan sedimentos, nutrientes y contaminantes presentes en el agua que fluye a través de ellos. Esta filtración ayuda a mejorar la calidad del agua, reduciendo la carga de contaminantes y contribuyendo a mejorar la salud del ecosistema urbano.

La restauración de los bosques riparios en el Valle del Cauca es crucial para proteger y enriquecer la diversidad biológica de la región. En los entornos urbanos, los bosques riparios no solo permiten el desplazamiento de la fauna y su interacción con otros ecosistemas, sino que conectan a los habitantes con los procesos naturales y proveen una serie de servicios ecosistémicos indispensables para promover entornos más saludables y sostenibles.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Arecaceae	<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth) Cortés	Palma nolí	3-4	40	4-5	Superficial fasciculada
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	lcaco, coco plum	1-4	5-20	1-4	Profunda
Fabaceae	<i>Caesalpinia cassioides</i> Willd.	Clavellino, Brasil chiquito	1-3	3-6	1-2	Profunda
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Aromo	0.5-5	2-20	3	Profunda y superficial
	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Galvéz mareño	3-5	5-25	1-5	Profunda y superficial
	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger	Carbón	3-6	20-30		Profunda y superficial
	<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Dorancé, Martín Galviz	4	20	4	Profunda
	<i>Vachellia tortuosa</i> (L.) Seigler & Ebinger	Trapichero	4	35	4	Profunda y superficial
	<i>Inga sapindoides</i> Willd	Guamo cuadrado	4-6	20	5	Profunda y superficial
	<i>Abarema adenophora</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Dormilón	4-8	15-40	4-8	Profunda y superficial
	<i>Calliandra purdiaei</i> Bentham	Carbonero	5-8	30-40	6-8	Profunda y superficial
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	Cereza, cerecita, acerola	1-4	5-30	2-4	Profunda
Malvaceae	<i>Talipariti tiliaceum</i> (L.) Fryxell	Majagua	4-6	20-40	8	Profunda
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Guayaba agria	2-6	3-25	1-4	Profunda
	<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	Bichinche, michinche, palillo	7	50	8	Profunda
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis americana</i> (Mill.) J.R.Johnst.	Pelamanos	6	25	6	Profunda
Zygophyllaceae	<i>Gonopterodendron arboreum</i> (Jacq.) Godoy-Bürki	Guayacán de bola	7	15	2-6	Profunda

Tabla 43. Listado de Especies Arbóreas de Talla Baja (3-8 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Acanthaceae	<i>Bravaisia integerrima</i> (Spreng.) Standl.	Nacedero costeño	12	60	10	Superficial y adventicia
Arecaceae	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Naidí solito	4-10	10	3	Fasciculada profunda
Asteraceae	<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav.	Sauce de playa, aliso	5-9	20	2-4	Profunda
Boraginaceae	<i>Cordia eriostigma</i> Pittier	Niguito, Buriogre, Muñeco	4-12	10.30	3-7	Profunda
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i> L.	Totofando	10	30	4	Profunda
Fabaceae	<i>Mimosa trianae</i> Benth.	Yopo	10-15	30-40	20-30	Profunda y superficial
	<i>Calliandra pittieri</i> Standley	Carbonero común	4-10	40	6-8	Profunda y superficial
	<i>Inga spuria</i> Willd.	Guamo arrollero	5-10	30	10	Profunda y superficial
	<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Benth.	Muche, espinillo de mono, chiminango de humedal	5-15	20-40	3-6	Profunda
	<i>Calliandra falcata</i> Benth	Carbonero	8	30	6	Profunda y superficial
	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	Dormilón	8-15	30-60	8-10	Profunda y superficial
	<i>Calliandra coriacea</i> (Willdenow) Benth	Carbonero de río	1-10	5-20	1-4	Profunda y superficial
	<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose	Chípero, chiparo, suribio	5-15	3-100	2-20	Superficial y pivotante
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Sapotolongo, Castaño de agua, Ceibo de agua	12	40	8	Profunda
Moraceae	<i>Ficus zarzalensis</i> Standl.	Higuerón	10	100	10	Superficial
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	Chitató, capulí (Caribe)	5-10	15-30	4-5	Profunda
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce, sauce vela	4-15	10-40	4	Profunda

Tabla 44. Listado de Especies Arbóreas de Talla Media (8-15 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua



FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Arecaceae	<i>Copernicia tectorum</i> (Kunth) Mart.	Palma de techar llanera	10-20	20-30	4	Fasciculada profunda
	<i>Mauritiella macroclada</i> (Burret) Burret	Palma quitasol	10-20	25	4	Fasciculada superficial
	<i>Sabal mauritiiformis</i> (H. Karst.) Griseb. & H. Wendl	Palmicha, Palma amarga	15-20	15-20	4-5	Profunda con neumatóforos
Chrysobalanaceae	<i>Moquilea pyrifolia</i> (Griseb.) R.O.Williams	Merecure	10-20	40-50	10-15	Profunda
Fabaceae	<i>Browneopsis excelsa</i> Pittier	Clavellino	10-25	40-80	10-15	Profunda
	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Alcornoco (Llanos)	8-20	30-70	5-20	Profundas
Malvaceae	<i>Trichospermum galeottii</i> (Turcz.) Kosterm.	Aliso	10-20	20-50	6	Profunda
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Cedro trompillo	10-25	30-50	10-15	Profunda
Polygonaceae	<i>Triplaris americana</i> L.	Varasanta	10-20	20-40	4	Profunda
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jagua, huito, caruto.	4-20	12.40	5-15	Profunda
Salicaceae	<i>Casearia americana</i> (L.) T. Samar. & M.H. Alford	Manteco	15-20	60	6-12	Profunda
	<i>Cupania americana</i> L.	Mestizo	17	40	13	Profunda

Tabla 45. Listado de Especies Arbóreas de Talla Alta (15-25 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels	Caracolí, espavé	10-40	25-100	8-30	Profunda
Arecaceae	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L. f.) Wess. Boer	Corozo de puerco, palma de vino	10-30	10-25	10-14	Superficial
	<i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	Moriche macho	20-25	25-30	6	Superficial
	<i>Mauritia flexuosa</i> L.f	Moriche, aguaje.	20-30	25-60	4-6	Superficial
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Aceite maría	10-30	30-80	10-12	Profunda
	<i>Calophyllum longifolium</i> Willd.	Mario	10-30	30-60	6-12	Profunda
Combretaceae	<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	Guayabillo negro	30	100	15-20	Profunda
	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Guayabillo	25-50	50-200	8-20	Profunda
Fabaceae	<i>Cassia moschata</i> Kunth.	Cañafistol	20-25	40-60	6-15	Profunda
	<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Písamo	20-25	80-100	20-25	Superficial
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Cachimbo	25-35	60	20	Superficial
Lecythidaceae	<i>Couropita guianensis</i> Aubl.	Bala de cañón	10-40	30-100	20. 30	Profunda
Malvaceae	<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch	Guácimo real	10-30	30-60	6-15	Profunda
	<i>Cavanillesia platanifolia</i> (H.&B.) H.B.K.	Macondo, Bongo	40	100-150	20-30	Profunda

Tabla 46. Listado de Especies Arbóreas Talla Muy Alta (25-65 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua

## **5.8. ÁREAS DEL SISTEMA DE ENCUENTRO Y RECREACIÓN**

Las áreas del sistema de encuentro y recreación constituyen el espacio público efectivo, es decir, al espacio público de carácter permanente, destinado a la recreación, al esparcimiento, el ocio y al encuentro ciudadano (Decreto 1077 de 2015). El espacio público efectivo está conformado por parques, plazas y zonas verdes localizadas dentro del perímetro urbano. Los parques son espacios al aire libre destinados a la recreación (activa y pasiva), contemplación y contacto con la naturaleza. Una característica fundamental de los parques es el predominio de las superficies verdes y la vegetación arbórea, por lo cual se convierten en los espacios urbanos de integración socio-ecológica por excelencia. Los parques, independiente de su uso, se clasifican generalmente según su tamaño en parques barriales, zonales o sectoriales, urbanos y regionales.

Los beneficios sociales y ecológicos de los parques, plazas y zonas verdes son de amplia aceptación. Estos espacios contribuyen significativamente a la inclusión social porque su acceso es gratuito y disponible para todos; fomentan la construcción de comunidad a través de las variadas oportunidades que brindan para la interacción social; contribuyen al desarrollo infantil a través de la posibilidad de jugar al aire libre y en contacto con elementos naturales; ofrecen la oportunidad de realizar ejercicio saludable, y constituyen refugios del estrés de la vida urbana. Desde la perspectiva ecológica, contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad a través de la provisión de hábitat, alimento y refugio para la fauna, además de los beneficios ambientales de mejoramiento de la calidad del aire y el agua.

La planificación y el diseño de parques urbanos sostenibles requieren la consideración de múltiples aspectos interconectados que influyen en su viabilidad a largo plazo. A continuación, se presentan una serie de lineamientos clave para orientar el diseño de parques desde una perspectiva de desarrollo sostenible. Estos lineamientos abordan temas críticos como la gestión del agua, la selección y uso de materiales, la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático. Al aplicar estos principios en el diseño de parques urbanos, se fomentará la creación de espacios que no solo mejoren la calidad de vida de sus visitantes, sino que también incrementen la provisión de servicios ecosistémicos. Mediante la implementación de un enfoque socio-ecológico en el diseño de parques, se puede alcanzar un equilibrio entre el bienestar humano, la salud del ecosistema y el enriquecimiento de la biodiversidad.

## ***Lineamientos Generales para el Diseño de Parques***

Los lineamientos propuestos a continuación buscan orientar la planificación y el desarrollo de parques y áreas verdes en Guadalajara de Buga, tomando en consideración su geografía y ecología, así como las necesidades y aspiraciones de su comunidad. El propósito de cada uno de estos lineamientos es diseñar parques que sean resilientes y sostenibles, y que, a su vez, propicien beneficios tanto para la población como para la biodiversidad local.

**Selección de especies vegetales adecuadas:** Es importante elegir especies vegetales que se adapten a las condiciones climáticas de la zona, con bajo consumo de agua y resistentes a la sequía. Además, se debe fomentar la biodiversidad, incorporando especies nativas y no invasoras que promuevan la preservación de la flora y fauna locales.

**Diseño de un sistema de riego eficiente:** Dado que el cambio climático puede alterar dramáticamente la disponibilidad de agua, es necesario diseñar estrategias para el uso eficiente del agua. Se pueden utilizar técnicas como la captación de agua de lluvia o el reciclaje de aguas grises para minimizar el consumo de este recurso.

**Incorporar la infraestructura verde:** La infraestructura verde, como zonas de bioretención y humedales artificiales, puede ayudar a reducir la temperatura, estimular la biodiversidad y ayudar a mitigar el impacto del cambio climático.

**Fomentar la interacción socio-ecológica:** Los parques urbanos deben ser espacios de interacción social y ecológica, donde los habitantes puedan conectarse con la naturaleza. Se pueden realizar actividades educativas y de concientización para fomentar la cultura de la sostenibilidad.

**Planificación de un mantenimiento sostenible:** Es importante planificar un mantenimiento sostenible de los parques urbanos, con la utilización de productos y técnicas no contaminantes y la minimización de los residuos generados. Además, se debe garantizar la participación de la comunidad en la planificación y ejecución del mantenimiento, para fomentar el sentido de pertenencia y la responsabilidad social en el cuidado de estos espacios verdes.

## ***Diseño del Paisaje***

Los diseños del paisaje deben ser sensibles y apropiados para el lugar, minimizando la interrupción de los hábitats naturales existentes. Es fundamental incorporar la biodiversidad, poniendo especial atención en la preservación del agua. Los elementos naturales del lugar, como los árboles existentes, cuerpos de agua (permanentes o temporales), formaciones rocosas y características topográficas, se convierten en componentes esenciales para preservar en el diseño de parques, ya que enriquecen el carácter y la identidad del entorno urbano.

La principal estrategia para estimular la biodiversidad y aumentar la provisión de servicios ecosistémicos en los parques, es la constitución de bosques complejos conformados por múltiples estratos de vegetación, que apoyan los usos sociales del parque.

**Estrato inferior:** La primera capa de vegetación se compone de coberturas terrestres como plantas herbáceas y árboles de talla baja. El estrato inferior debe establecer una cubierta vegetal de bajo mantenimiento, biodiversa y autosuficiente con la disponibilidad de agua de lluvia, que proporcione recursos a la fauna y fomente la diversidad del suelo. La complejidad del estrato inferior es esencial para sostener una base sólida de biodiversidad. Las áreas destinadas a la conservación del estrato inferior se complementan con otros tipos de cobertura verde que respaldan las actividades sociales del parque, como coberturas en grama, pavimentos permeables, jardines y áreas de agricultura urbana, entre otros.

**Estrato intermedio:** La segunda capa está formada por árboles de talla media y alta que proporcionan sombra al estrato inferior y forman el dosel del bosque. Los árboles del estrato intermedio brindan un hábitat importante y refugio para una gran variedad de fauna, incluyendo aves, mamíferos e insectos. Este nivel de arbolado también brinda sombra y optimiza las condiciones climáticas para el desarrollo de actividades sociales en el parque.

**Estrato emergente:** La tercera capa está compuesta por árboles y/o palmas sobresalientes que proveen recursos y hábitat para la fauna especializada. Además, realzan el paisaje como puntos focales y estructura vertical. A nivel social, aportan identidad y carácter a los parques, permitiendo el reconocimiento desde puntos lejanos. Las palmas desempeñan un papel significativo en el estrato emergente, tanto por motivos ecológicos como paisajísticos.

La luz artificial en entornos urbanos afecta significativamente a la fauna, alterando sus ciclos biológicos y comportamientos naturales en áreas como reproducción, alimentación, interacción con depredadores, migración y comunicación. Para mitigar estos impactos, es esencial implementar medidas de diseño y planificación urbana que reduzcan la contaminación lumínica y fomenten entornos más adecuados para la biodiversidad. Apagar las luces innecesarias es la solución más simple, efectiva y energéticamente eficiente para este problema. Sin embargo, para situaciones en las que la iluminación artificial es necesaria para la seguridad humana, se presentan los siguientes lineamientos basados en Wiley (2013):

Ubicar las fuentes de iluminación lo más bajo posible. Las luminarias de montaje bajo proporcionan más luz directamente sobre el suelo, donde se necesita para la seguridad humana. Esto también reduce el potencial de que la fuente de luz o la lámpara sean directamente visibles. Se debe utilizar la intensidad más baja necesaria para el propósito requerido.

Utilizar fuentes de luz de longitud de onda larga, como LED color ámbar, naranja o rojo sin el uso de filtros. El uso de fuentes de luz de longitud de onda larga es menos perjudicial para la fauna que las luces blancas o multicolores. Se debe utilizar luz nocturna de baja intensidad que conserva energía y debe protegerse y alejarse de las áreas de espacios abiertos.

El accesorio de iluminación debe estar protegido para que la lámpara o la lente incandescente no sean visibles directamente. Esto significa que el accesorio no emite luz por encima de un plano de 90 grados.

Desarrollar un sentido de jerarquía al variar los niveles de iluminación. Una iluminación adecuada ayuda a definir la organización de los recorridos y permanencias del parque. Las áreas de acceso al parque, edificaciones comunitarias, áreas recreativas de alto uso, y áreas con propósitos de conservación de la biodiversidad deben iluminarse de manera selectiva, variando los niveles de iluminación de acuerdo a las condiciones de uso y seguridad de cada espacio.

## ***Materiales***

La selección cuidadosa de los materiales es esencial en el diseño de parques. Tradicionalmente, los diseñadores han basado su elección en costos iniciales y criterios estéticos. Sin embargo, la creciente preocupación por el cambio climático, la degradación ecológica y la pérdida de la biodiversidad está modificando estos criterios de selección. Para fomentar el desarrollo sostenible, es fundamental tener en cuenta el ciclo de vida completo de los materiales en términos ambientales, sociales y económicos. Esto incluye la obtención de materias primas, la producción y transporte de componentes, los impactos indirectos de la instalación, las prácticas y frecuencia de mantenimiento, así como las posibilidades de reciclaje y reutilización.

La disminución en el consumo de materiales es el primer paso a considerar. Reutilizar materiales disponibles en el sitio permite celebrar su historia y otorgarle carácter e identidad al parque. Al demoler concreto preexistente, el diseñador puede reutilizarlos de manera ingeniosa en el lugar, minimizando la producción de desechos.

En relación con el uso del concreto, la fabricación de cemento requiere una alta cantidad de energía y genera considerables emisiones de gases de efecto invernadero. Para minimizar el impacto ambiental asociado al concreto, es esencial reducir su utilización, reutilizar el concreto existente y optar por concreto que incorpore agregados reciclados.

La gestión del agua en parques urbanos es esencial, y requiere de la implementación de soluciones que minimicen el impacto negativo de las superficies impermeables en el ciclo del agua. Los pavimentos permeables, como grava estabilizada, concreto poroso y adoquines ecológicos, son opciones adecuadas para este propósito. Estos materiales permiten la infiltración del agua de lluvia en el suelo, reduciendo la escorrentía superficial, disminuyendo el riesgo de inundaciones y contribuyendo a la recarga de acuíferos.

Otro aspecto relevante en cuanto a materiales es la utilización de recursos locales, ya que disminuye los costos e impactos ambientales asociados al transporte, a la vez que favorece la economía local. Además, emplear materiales regionales puede enriquecer la identidad de los parques, al incorporar formas, texturas y colores característicos del lugar.

## 5.9. ÁREAS DEL SISTEMA DE MOVILIDAD

Las calles urbanas son fundamentales en la vida de las ciudades. A pesar de ser lugares muy transitados, no se consideran como espacios públicos efectivos. En su diseño convencional, se prioriza la construcción de superficies impermeables, usualmente con pavimento de concreto y/o asfalto, para facilitar el tránsito vehicular de manera segura y eficiente. Sin embargo, estas áreas pavimentadas plantean desafíos significativos para la salud de los habitantes y del ecosistema urbano.

Las áreas pavimentadas dan lugar a las Islas de Calor Urbano (ICU) debido al aumento de las temperaturas locales. Además, la impermeabilización evita la filtración del agua en el suelo, aumentando el riesgo de inundaciones y la contaminación del agua lluvia. La prevalencia de superficies impermeables y la falta de vegetación también fomentan el uso de vehículos motorizados, como motocicletas y automóviles, en detrimento de los medios de transporte sostenibles, como caminar y andar en bicicleta. Como consecuencia, se produce congestión en las calles y las comunidades se vuelven más aisladas y menos habitables. El ruido, el estrés del tráfico y la contaminación del aire contribuyen al empeoramiento de los problemas de salud del socio-ecosistema y, por ende, disminuyen la habitabilidad de las ciudades.

Por lo tanto, es necesario repensar el diseño de las calles urbanas para que sean más saludables y sostenibles. Esto implica incorporar elementos como zonas verdes, árboles, jardines y otros espacios verdes que reduzcan la temperatura y promuevan la biodiversidad en las ciudades. También se deben considerar opciones de movilidad sostenible, como carriles exclusivos para bicicletas, transporte público y peatones, para reducir la cantidad de vehículos en las calles y mejorar la calidad del aire.

Los lineamientos que se presentan a continuación están orientados a replantear la forma como se diseñan las calles en la cabecera urbana, resaltando el papel de los árboles y las superficies verdes como parte integral de estos espacios. Mejorar la ecología de las calles es un propósito fundamental de este Programa de Mejoramiento, ya que éstas representan la mayor cantidad de espacio en las ciudades y, como tal, son esenciales para la restauración del ecosistema urbano y la transformación de la experiencia de la ciudad.



## Tipologías de Diseño de Calles

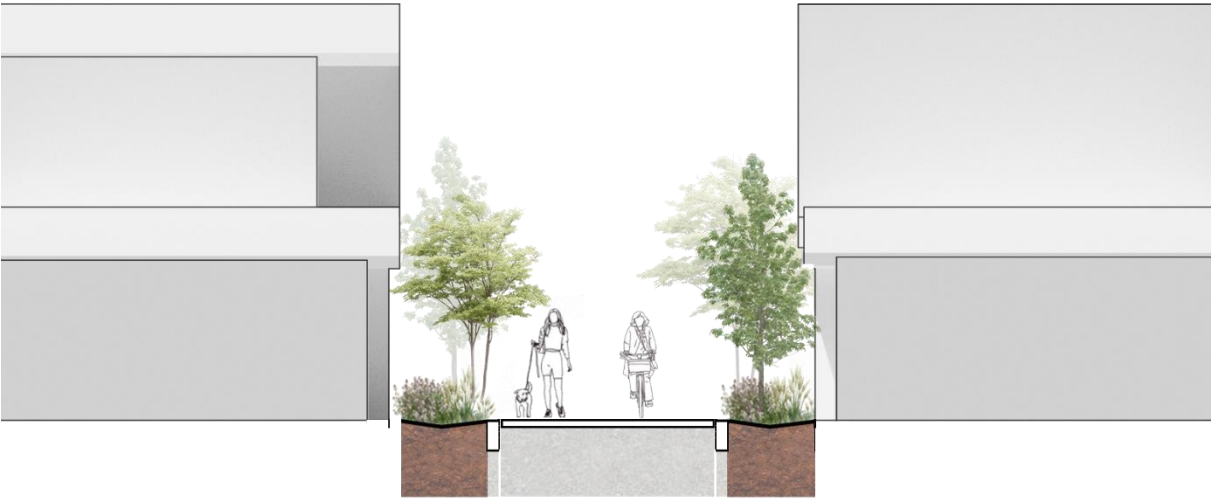
La Tabla 34 presenta una clasificación de las calles de acuerdo a sus dimensiones y posibilidades de incorporar infraestructura verde (árboles, zonas verdes, pavimentos permeables, zonas de bioretención), así como infraestructuras de movilidad sostenible (ciclovías y andenes). En las siguientes páginas, se describen tipologías de diseño de calles que adoptan un enfoque socio-ecológico. El enfoque socio-ecológico para el diseño de calles busca alcanzar un equilibrio entre las necesidades de los distintos agentes socio-ecológicos presentes en la zona urbana.

Estos agentes pueden ser peatones, ciclistas, motociclistas, conductores de automóviles, así como también cuerpos de agua, árboles, plantas herbáceas, aves, insectos o pequeños mamíferos. Se reconoce que las calles cumplen un rol importante en satisfacer las necesidades sociales y ecológicas de forma simultánea. Estas tipologías son de gran utilidad para diseñar calles más sostenibles y agradables, que contribuyen a mejorar la calidad de vida y promover la biodiversidad en la zona urbana.

CATEGORÍA DE CALLE	DIMENSIONES (metros)			CARACTERÍSTICAS
	CALZADA	ANDÉN	ANTEJARDÍN	
Calle Local Tipo 1	3 - 4	1 - 2	No tiene	Son las calles más estrechas, con una calzada vehicular de un solo sentido y andenes mínimos.
Calle Local Tipo 2	6 - 8	1 - 3	No tiene	Son calles del trazado tradicional, con posibilidad de reducir la calzada vehicular a un solo sentido, ampliar andenes e incorporar arbolado.
Calle Local Tipo 3	6 - 8	1 - 3	No tiene	Tiene dimensiones similares a la Calle Local Tipo 2, pero requiere conservar 2 carriles de calzada vehicular.
Calle Local Tipo 4	6 - 8	3 - 5	3 - 5	Son calles de zonas residenciales, con 2 carriles vehiculares, zona verde, andén y antejardín.
Vía Colectora Tipo 1	6 - 8	3 - 5	3 - 5 (No siempre tiene)	Son vías colectoras que pueden reducir la calzada a un carril por sentido e incorporar cicloruta. Tienen separador central.
Vía Colectora Tipo 2	6 - 8	3 - 5	3 - 5 (No siempre tiene)	Son vías colectoras que requieren 2 carriles vehiculares en cada sentido y pueden incorporar cicloruta. Tienen separador central.
Vías Arteriales	6-12	3 - 8	3 - 5 (No siempre tiene)	Son vías de mayor jerarquía y volumen de tráfico. Pueden tener 2 o más carriles vehiculares por sentido e incorporar cicloruta. Tienen separador central.

Tabla 34. Tipologías, Dimensiones y Características de las Calles

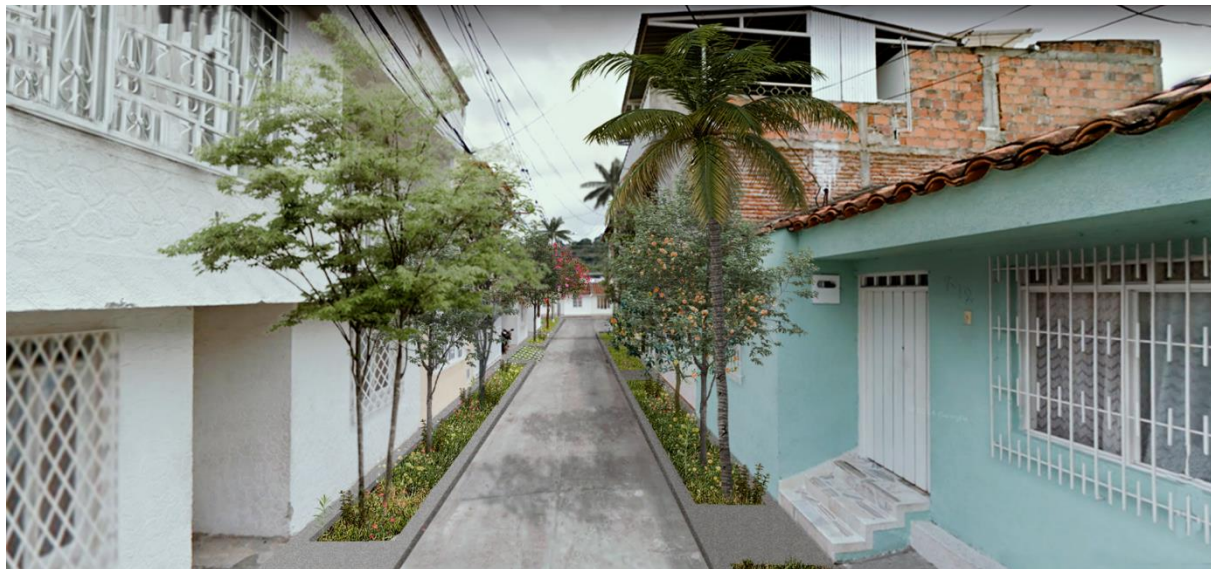
**Calle Local Tipo 1**



*Figura 47. Calle Local Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta*

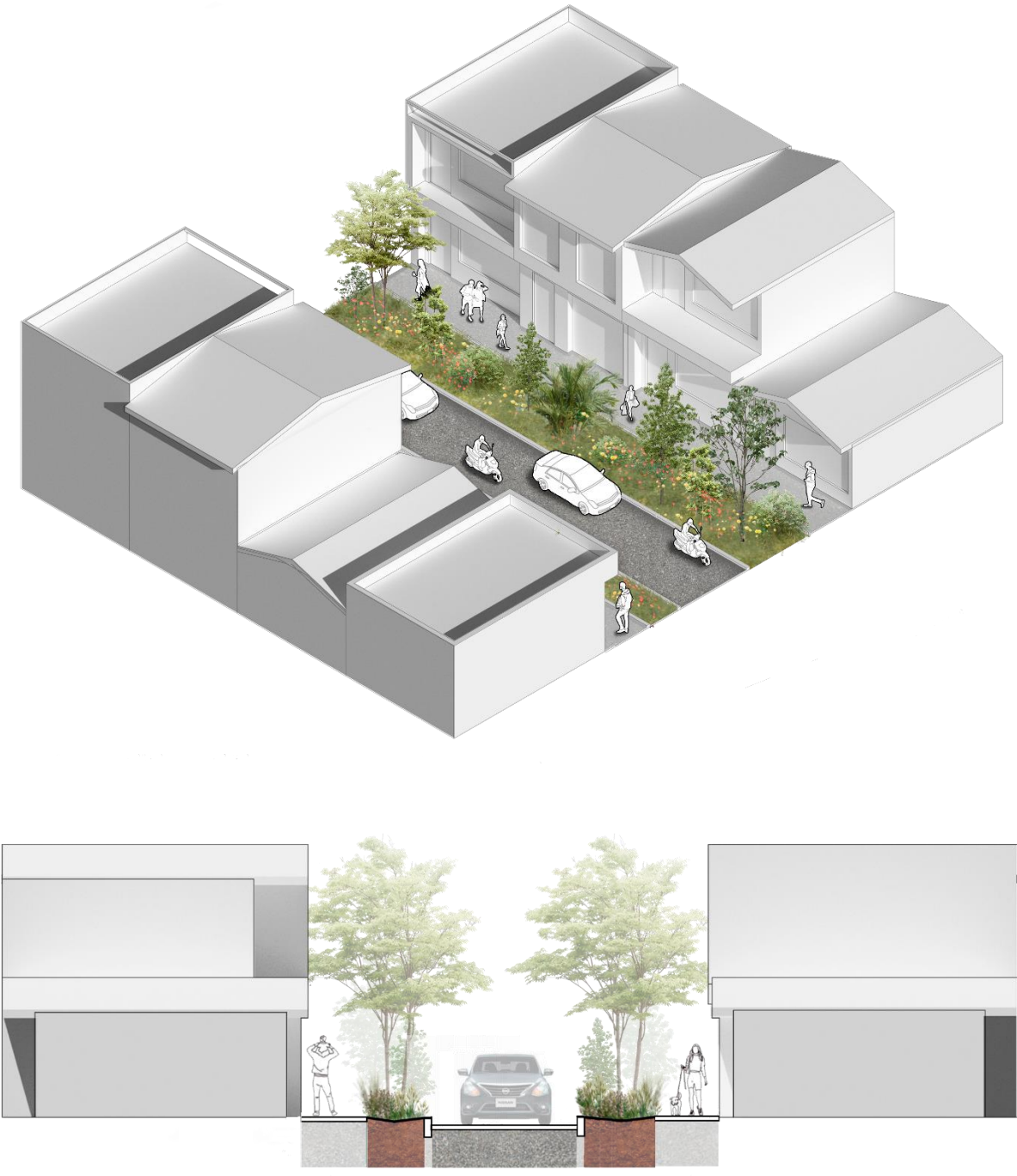


*Figura 48. Calle Local Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual  
Fuente: Google Street View*



*Figura 49. Calle Local Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto*

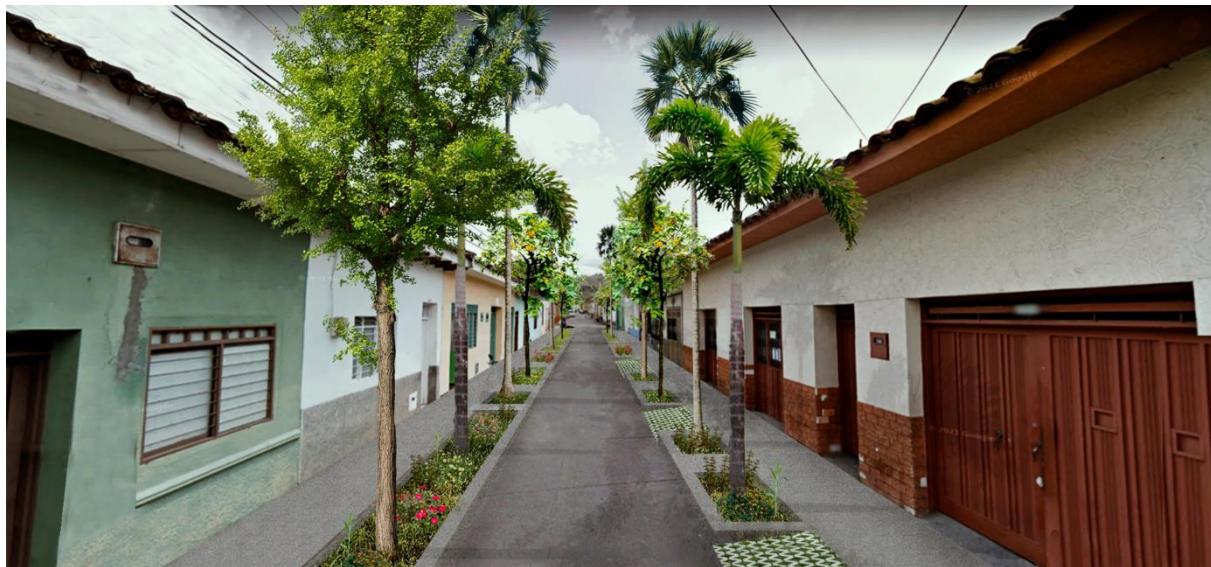
**Calle Local Tipo 2**



*Figura 50. Calle Local Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta*



*Figura 51. Calle Local Tipo 2 – Fotografía de la Situación Actual  
Fuente: Google Street View*



*Figura 52. Calle Local Tipo 2 – Fotomontaje del Diseño Propuesto*

**Calle Local Tipo 3**



*Figura 53. Calle Local Tipo 3 - Axonometría y Sección de Propuesta*

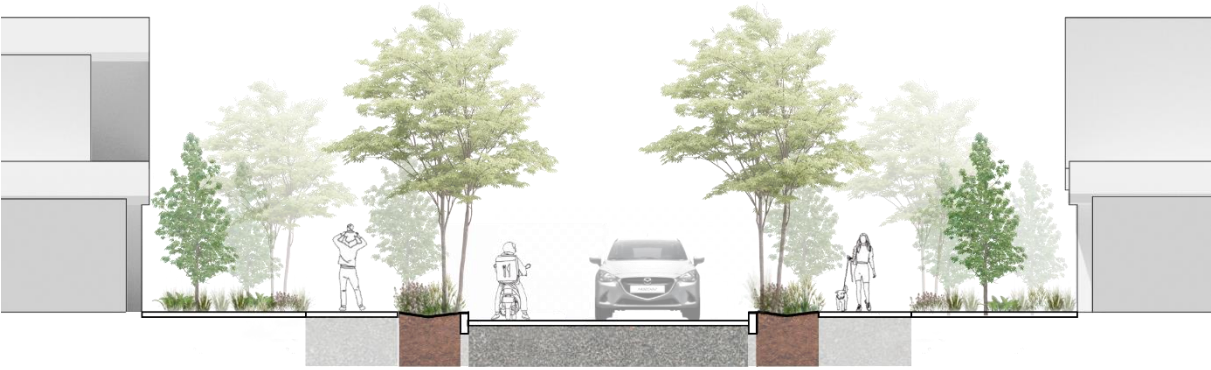


*Figura 54. Calle Local Tipo 3 – Fotografía de la Situación Actual  
Fuente: Google Street View*



*Figura 55. Calle Local Tipo 3 – Fotomontaje del Diseño Propuesto*

**Calle Local Tipo 4**



*Figura 56. Calle Local Tipo 4 - Axonometría y Sección de Propuesta*





*Figura 57. Calle Local Tipo 4 – Fotografía de la Situación Actual  
Fuente: Google Street View*



*Figura 58. Calle Local Tipo 4 – Fotomontaje del Diseño Propuesto*

## Vía Colectora Tipo 1

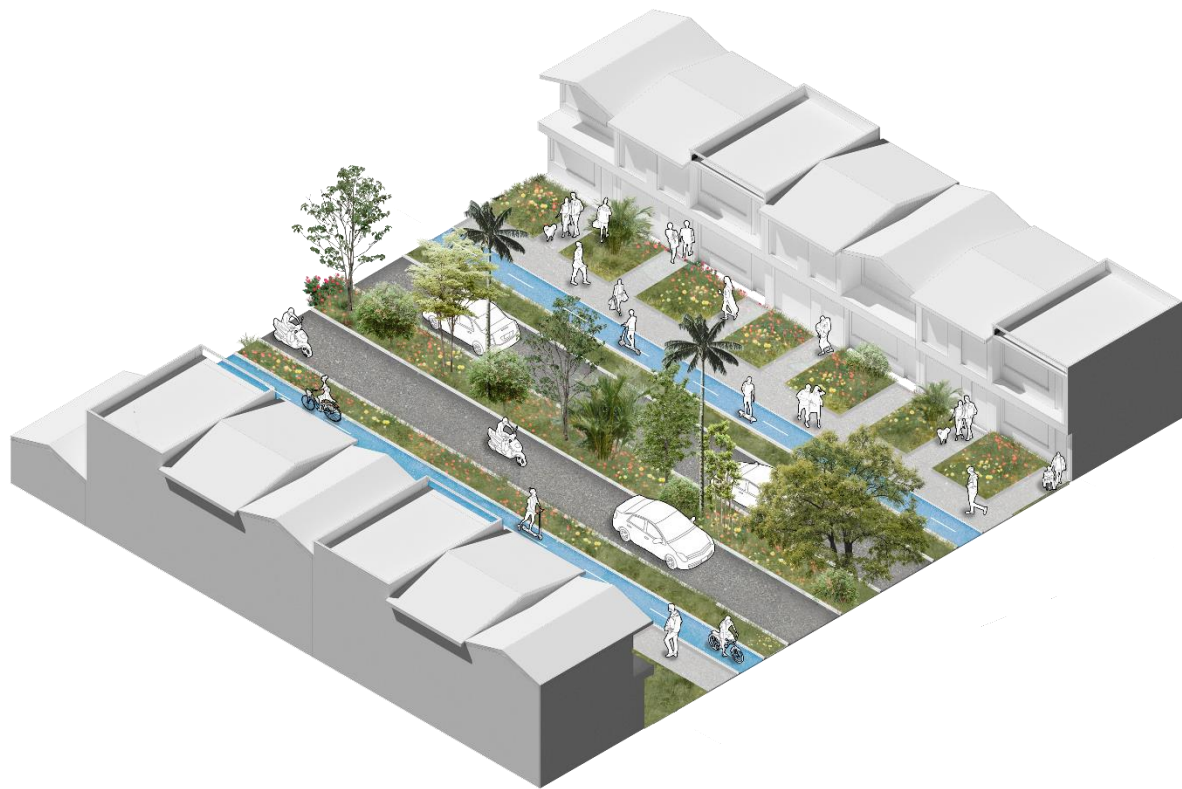


Figura 59. Vía Colectora Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta



*Figura 60. Vía Colectora Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual  
Fuente: Google Street View*



*Figura 61. Vía Colectora Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto*

## Vía Colectora Tipo 2



Figura 62. Vía Colectora Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta

***Vía Arterial***



*Figura 63. Vía Arterial - Axonometría y Sección de Propuesta*

## 5.10. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son un enfoque para el manejo de las aguas lluvias y la restauración del ciclo del agua en áreas urbanas. Los SUDS gestionan las aguas de lluvia con un enfoque multifuncional, considerando de forma integrada el control de la cantidad de agua (prevención de inundaciones), el mejoramiento de la calidad (control de la contaminación), el soporte de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de vida urbana (Tabla 35).

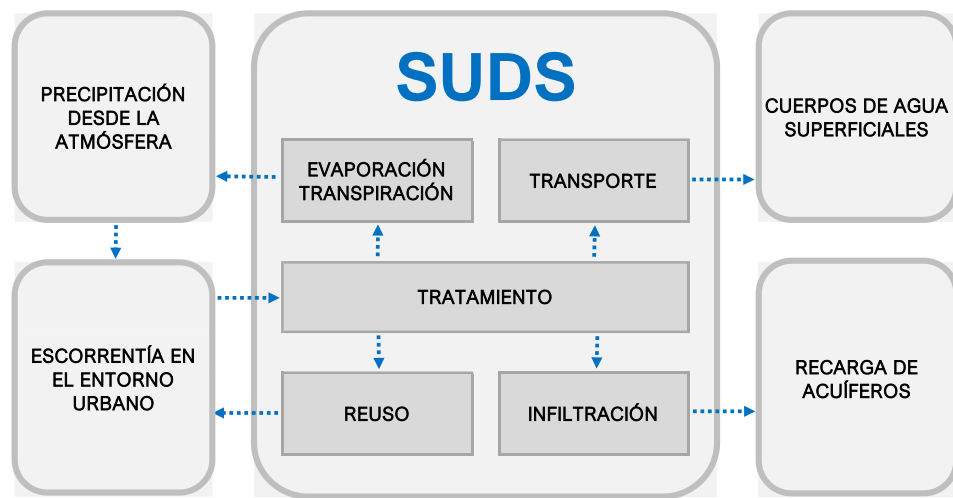
A través de ecosistemas interconectados en múltiples escalas que funcionan como complemento del sistema de drenaje tradicional, los SUDS recuperan los procesos naturales del agua: intercepción de la lluvia en el dosel de los árboles, infiltración y recarga de acuíferos, evapotranspiración del agua a través de la vegetación, filtración de contaminantes a través de sustratos mejorados. Al considerar el agua lluvia como un recurso, los SUDS pueden diseñarse para reutilizar el agua en diversas actividades del entorno urbano (riego de zonas verdes, espacios de juego y contemplación del agua, agricultura urbana, lavado de superficies), proporcionando beneficios recreativos, educativos y de salud a la comunidad. La Tabla 41 describe 4 líneas estratégicas que agrupan los objetivos específicos asociados a los SUDS.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
CANTIDAD DE AGUA	Mitigar las inundaciones
	Controlar la escorrentía en la fuente
	Reducir los picos de caudal
CALIDAD DEL AGUA	Mitigar la contaminación difusa
	Mejorar la calidad de la escorrentía
	Preservar los cuerpos de agua naturales
BIODIVERSIDAD	Aumentar el hábitat disponible
	Fortalecer la conectividad ecosistémica
	Aumentar la riqueza de especies
CALIDAD DE VIDA	Mitigar las Islas de Calor Urbano (ICU)
	Mejorar la calidad estética del entorno urbano
	Mejorar la calidad ambiental del entorno urbano

Tabla 35. Líneas Estratégicas y Objetivos Específicos de los SUDS

### **Modelo Conceptual de Drenaje Urbano a Través de SUDS**

El siguiente modelo conceptual de drenaje urbano a través de SUDS está basado en los flujos de entrada del agua desde el entorno natural (atmósfera) hacia el entorno urbano, los procesos que ocurren en los SUDS (evaporación, transpiración, tratamiento, transporte, reúso e infiltración) y los flujos de salida del agua desde los SUDS hacia el entorno natural (cuerpos de agua superficiales y acuíferos). A partir de este modelo básico se pueden analizar diferentes zonas del entorno urbano, para generar modelos conceptuales específicos de acuerdo a las condiciones particulares del área de análisis.



*Figura 64. Modelo Conceptual de Drenaje Urbano a Través de SUDS*

La precipitación proveniente de la atmósfera se convierte en escorrentía al caer sobre el entorno urbano. La escorrentía arrastra una serie de contaminantes derivados de las actividades humanas, principalmente el tráfico vehicular y otros contaminantes asociados a los usos del suelo (residencial, comercial, industrial), los cuales contribuyen a la carga contaminante (Figura 64). En el modelo de drenaje a través de SUDS, la escorrentía se dirige primero a unas tipologías de tratamiento que constituyen la primera fase de un tren de tratamiento. Los procesos de tratamiento (filtración, sedimentación, bioremediación) tienen lugar en tipologías SUDS. El proceso de tratamiento se realiza idealmente en el origen y garantiza la calidad del agua. Después del tratamiento, el agua pasa a tipologías SUDS de almacenamiento que permiten el reúso dentro del entorno urbano, la evapotranspiración a través de la vegetación, la infiltración hacia acuíferos o el transporte hacia los cuerpos de agua superficiales.

## ***Cantidad de Agua***

Esta línea estratégica tiene como finalidad la gestión integral del riesgo de inundación a través del control de la escorrentía. Los SUDS diseñados para gestionar la cantidad ayudan a restaurar el ciclo natural del agua favoreciendo procesos de intercepción, evaporación y transpiración (por medio de vegetación), almacenamiento en componentes SUDS como pondajes y humedales, y recarga de aguas subterráneas a través de la infiltración. Al recuperar estos procesos naturales, los SUDS ayudan a mantener el flujo base de los cuerpos de agua naturales, reduciendo el transporte de sedimentos y la erosión de los ríos.

Un propósito fundamental de los SUDS es reducir los picos de caudal, controlando el volumen y velocidad de la escorrentía descargada de un sitio. Esto se logra mediante el proceso de atenuación de los eventos de lluvia relativamente grandes: ralentizando y almacenando la escorrentía en el origen. El control del volumen de escorrentía puede controlarse a través de los siguientes procesos: 1) intercepción y evapotranspiración por medio de árboles y vegetación. 2) infiltración a través de pavimentos permeables o cuencas de infiltración, 3) bioretención a través de jardines de lluvia, zonas de bioretención o alcorques inundables, y 4) almacenamiento por medio de zonas de detención o humedales artificiales en diferentes escalas espaciales (Woods, et al, 2015).

## ***Calidad del Agua***

Esta línea estratégica tiene como finalidad gestionar la calidad del agua lluvia para mitigar la contaminación y preservar los cuerpos de agua receptores (ríos, quebradas, humedales). Controlar la contaminación difusa es un factor importante para mantener la salud del socio-ecosistema urbano. La Tabla 36 presenta las múltiples fuentes de contaminación difusa en áreas urbanas. Como filosofía de los SUDS, el manejo de la contaminación es más efectiva en su origen, ya que permite mantener bajos los niveles de contaminantes y su acumulación, lo que permite que los procesos de tratamiento natural sean efectivos. Esto ayuda a maximizar los beneficios en biodiversidad y calidad de vida. Además del manejo de la contaminación en el origen, los SUDS de tratamiento deben diseñarse para estar en la superficie, maximizando la exposición del agua a la luz solar, lo cual permite que el tratamiento sea realizado por la vegetación, activando los procesos de fotólisis y volatilización para descomponer contaminantes como aceites e hidrocarburos (Woods, et al, 2015).



FUENTE	CONTAMINANTES TÍPICOS	DETALLES DE LA FUENTE
<b>Deposición atmosférica</b>	Fósforo, nitrógeno, azufre, metales pesados, hidrocarburos, partículas	Las actividades industriales, la contaminación del tráfico y las actividades agrícolas contribuyen a la contaminación atmosférica. La lluvia absorbe los contaminantes atmosféricos, que luego están presentes en la escorrentía. Los contaminantes atmosféricos se depositan en las superficies urbanas y, al llover, se trasladan a la escorrentía.
<b>Tráfico vehicular (Emisiones)</b>	Hidrocarburos, cadmio, platino, paladio, rodio, MTBE (Éter metil tert-butílico)	Las emisiones de los vehículos incluyen hidrocarburos aromáticos policíclicos y combustible no quemado y partículas de convertidores catalíticos.
<b>Tráfico vehicular (desgaste y corrosión)</b>	Partículas, metales pesados	La abrasión de los neumáticos y la corrosión de los vehículos depositan contaminantes en la carretera o en las superficies de estacionamiento de automóviles.
<b>Tráfico vehicular (fugas y derrames)</b>	Hidrocarburos, fosfatos, metales pesados, glicoles, alcoholes.	Los motores tienen fugas de aceite, fluidos hidráulicos y de descongelación y se producen derrames durante el reabastecimiento de combustible. El aceite lubricante puede contener fosfatos y metales. También se producen derrames accidentales.
<b>Basura / heces de animales</b>	Bacterias, virus, fósforo, nitrógeno.	La basura generalmente incluye artículos como comida, cigarrillos, excretas de animales, plástico y vidrio. La descomposición traslada los contaminantes a la escorrentía. Los animales muertos en las carreteras se descomponen y liberan contaminantes, incluidas las bacterias. Las mascotas y otros animales dejan heces que se trasladan a la escorrentía.
<b>Mantenimiento de vegetación y paisaje</b>	Fósforo, nitrógeno, herbicidas, insecticidas y fungicidas, materia orgánica.	Los herbicidas y pesticidas utilizados para el control de malezas y plagas en áreas verdes como jardines y parques pueden ser una fuente importante de contaminación.
<b>La erosión del suelo</b>	Sedimentos, fósforo, nitrógeno, herbicidas, insecticidas y fungicidas.	La escorrentía de áreas verdes y ajardinadas puede arrastrarse sobre superficies impermeables y causar contaminación de la escorrentía.
<b>Actividades de limpieza</b>	Sedimentos, fósforo, nitrógeno, detergentes, hidrocarburos.	El lavado de vehículos, edificaciones o lavados a presión genera sedimentos, materia orgánica, detergentes e hidrocarburos (movilizados por los detergentes) que ingresan al drenaje de las aguas superficiales.
<b>Conexiones erradas de alcantarillado</b>	Bacterias (incluidos patógenos), detergentes, materia orgánica y textiles.	Conexiones erradas accidentales (pero ilegales) de alcantarillas sanitarias a sistemas de drenaje pluvial, donde existen sistemas separados.
<b>Eliminación de productos químicos y aceites</b>	Hidrocarburos, diversos productos químicos	La eliminación ilegal de aceites de motor usados u otros productos químicos puede ocurrir a escalas pequeñas (domésticas) o grandes (industriales).

*Tabla 36. Fuentes de Contaminación Difusa en Áreas Urbanas  
Fuente: Woods et al. (2015)*

## ***Biodiversidad***

Esta línea estratégica tiene como propósito estimular la biodiversidad en el entorno urbano a través de SUDS. El diseño de SUDS promueve la resiliencia ecológica, garantizando que los hábitats y las especies puedan evolucionar de la manera más natural posible y continuar cumpliendo los objetivos del sistema de drenaje. Los SUDS promueven la biodiversidad y la resiliencia ecológica con diferentes grupos de flora y fauna que emergen con el tiempo, de acuerdo a las características ambientales dentro del ecosistema urbano y su conectividad con los ecosistemas rurales.

La diversidad de hábitats y ecosistemas presentes en los SUDS proporcionan refugio y oportunidades de alimentación y reproducción para una variedad de especies de vida silvestre, incluidas plantas, anfibios, invertebrados, aves y otros mamíferos. Los servicios ecosistémicos de la biodiversidad pueden obtenerse en todas las tipologías de SUDS y se potencian cuando se diseñan en conexión con planes de paisaje más amplios, proporcionando conectividad de hábitat para la vida silvestre en escalas regionales (Woods, et al, 2015).

## ***Calidad de Vida***

Esta línea estratégica tiene como propósito el mejoramiento de la calidad de vida a través de entornos urbanos de alta calidad estética y ambiental, que contribuyen al bienestar de las comunidades locales (Tabla 37). El agua es un recurso natural valioso y su manejo puede enriquecer la experiencia sensorial del espacio público. Los SUDS pueden proporcionar oportunidades para que el agua sea visible y audible a medida que viaja a través del paisaje urbano: los lugares donde el agua fluye son a menudo donde el agua se experimenta y se valora más (Woods, et al, 2015).

Los SUDS contribuyen a crear espacios urbanos de alta calidad, visualmente atractivos y llamativos para residentes y visitantes. Cada tipología de SUDS puede diseñarse para mejorar la experiencia estética y contribuir al carácter e identidad del entorno urbano, contribuyendo a crear nuevos espacios verdes. Al mejorar el carácter visual y aumentar el atractivo del espacio público, los SUDS pueden contribuir a una serie de beneficios, que incluyen una mayor inversión económica en el área local, una mayor productividad asociada a la calidad del entorno laboral, un aumento en el valor de las propiedades y el fomento del turismo (Woods, et al, 2015).

COMPONENTES DE CALIDAD DE VIDA	DESCRIPCIÓN
<b>CALIDAD DEL AIRE</b>	Los SUDS que usan áreas azules y verdes, incluyendo pasto y árboles, proporcionan mejoras significativas en la calidad del aire, por ejemplo, los árboles limpian partículas finas de las calles urbanas.
<b>REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA</b>	La infraestructura verde y azul amortigua y modera las temperaturas extremas, que serán cada vez más importantes en el futuro, a medida que el clima cambie y las ciudades se calienten.
<b>BIODIVERSIDAD</b>	Los SUDS contribuyen al bienestar de la flora y fauna en beneficio de las comunidades.
<b>REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CARBONO</b>	Las plantas y los suelos absorben y almacenan CO <sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, por lo que, cuando los SUDS usan plantas, se puede aprovechar este potencial. Los SUDS tienden a requerir menos uso de energía en su ciclo de vida que el drenaje convencional y, al almacenar el agua en la fuente, esto también ahorra energía.
<b>COHESIÓN COMUNITARIA</b>	Los SUDS pueden ayudar a unir a las comunidades. Al aumentar las oportunidades para la interacción humana y crear entornos más agradables, es más probable que las personas sientan que pertenecen a la comunidad y se enorgullecen más de su barrio. Especialmente si la comunidad ha estado involucrada en el proceso de diseño de SUDS y los residentes participan en el mantenimiento continuo.
<b>CRECIMIENTO ECONÓMICO E INVERSIÓN</b>	Los lugares atractivos (particularmente donde el agua es una característica del diseño) tienden a estimular y apoyar la inversión. La productividad tiende a mejorar en entornos atractivos, como los parques empresariales con espacios verdes. Se ha demostrado que los SUDS agregan valor a las propiedades cercanas. SUDS también contribuye a la creación de lugares atractivos que atraen el turismo.
<b>EDUCACIÓN</b>	Al utilizar espacios verdes como parte de la gestión del ciclo del agua, esto brinda muchas oportunidades para apoyar la educación tanto formalmente en las escuelas como en las comunidades en general a través de grupos ambientales.
<b>SALUD Y BIENESTAR</b>	La infraestructura verde puede desempeñar un papel importante en el mantenimiento de la salud mental y física al proporcionar lugares para la recreación y la relajación.
<b>REDUCCIÓN DE RUIDO</b>	Los SUDS y los árboles asociados y las áreas con césped pueden proporcionar barreras y superficies que absorben el ruido. Los techos verdes proporcionan aislamiento acústico para los edificios.
<b>SEGURIDAD DEL SUMINISTRO DE AGUA</b>	La recolección directa de agua de lluvia para uso doméstico y otros fines ahorra agua y potencialmente proporciona recursos de riego esenciales y viabilidad a largo plazo para árboles, vegetación y cultivos.
<b>RECREACIÓN</b>	SUDS puede ofrecer una amplia gama de espacios que se pueden usar para caminar, andar en bicicleta, jugar informalmente, organizar deportes y juegos, etc.

*Tabla 37. Beneficios Potenciales en Calidad de Vida de los SUDS  
Fuente: Woods at al. (2015)*

## ***TIPOLOGÍAS DE SUDS***

Los SUDS son un conjunto de tecnologías y técnicas para gestionar el drenaje urbano de manera sostenible y efectiva. Cada tipología de SUDS tiene un enfoque distinto para abordar la gestión de los flujos, volúmenes, calidad del agua, biodiversidad y beneficios en calidad de vida. Las tipologías de SUDS se clasifican en cinco categorías, según su localización en el tren de tratamiento. En primer lugar, los sistemas de control en el origen se enfocan en prevenir la generación de escorrentía al reducir la superficie impermeable y mejorar la calidad de los pavimentos. Estos sistemas buscan controlar los flujos de agua y mejorar su calidad desde su origen, antes de que se convierta en escorrentía (Figuras 65 y 66).

En segundo lugar, los sistemas de bio-retención se enfocan en la mejora de la calidad del agua y la retención de sedimentos. Estos sistemas son comúnmente diseñados como zonas verdes, y su principal objetivo es la retención y filtración del agua en la superficie. En tercer lugar, los sistemas de infiltración permiten la recarga del agua subterránea, mediante la infiltración del agua de lluvia en el subsuelo. Estos sistemas buscan evitar la generación de escorrentía superficial y reducir la carga de los sistemas de drenaje convencionales.

En cuarto lugar, los sistemas de almacenamiento buscan regular los flujos de agua, reteniendo y liberando agua en momentos específicos. Estos sistemas pueden utilizarse en combinación con otros sistemas de SUDS para maximizar los beneficios de la calidad de agua y biodiversidad. Finalmente, los sistemas de transporte son diseñados para conducir y transportar el agua desde la fuente de origen hasta su destino final. Estos sistemas pueden estar diseñados para recoger y transportar agua de lluvia a través de tuberías y canales vegetalizados, y su objetivo principal es evitar inundaciones y minimizar el impacto del agua de lluvia en el sistema de drenaje.

A continuación, se presenta la recomendación de las tipologías de SUDS más apropiadas para la cabecera urbana, haciendo énfasis en el nivel de adaptación de cada tipología de acuerdo a las condiciones específicas de la ciudad. Para cada tipología se presenta el nivel de adaptación (alto, medio, bajo) a los diferentes espacios públicos (andén, parque, plaza, separador vial y calzada vehicular local). Adicionalmente, se presenta una síntesis de los beneficios de cada tipología con respecto a las líneas estratégicas de cantidad, calidad del agua, biodiversidad y calidad de vida.

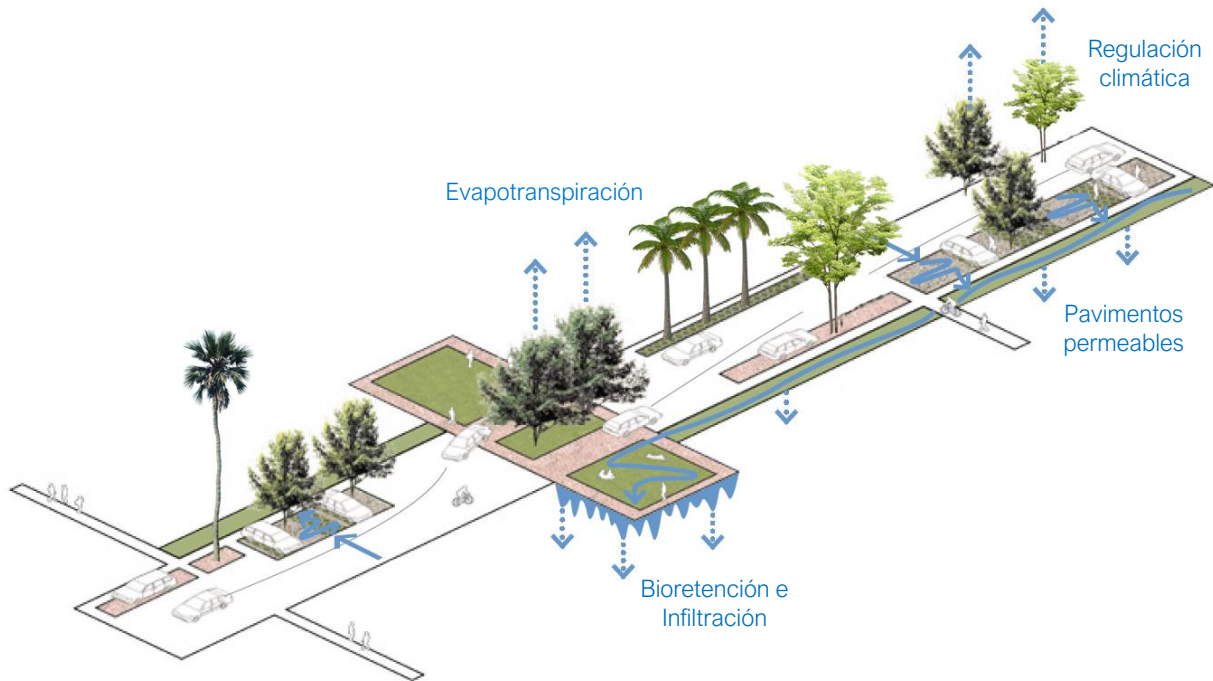


Figura 65. Alternativas de Implementación de SUDS en el Espacio Público  
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

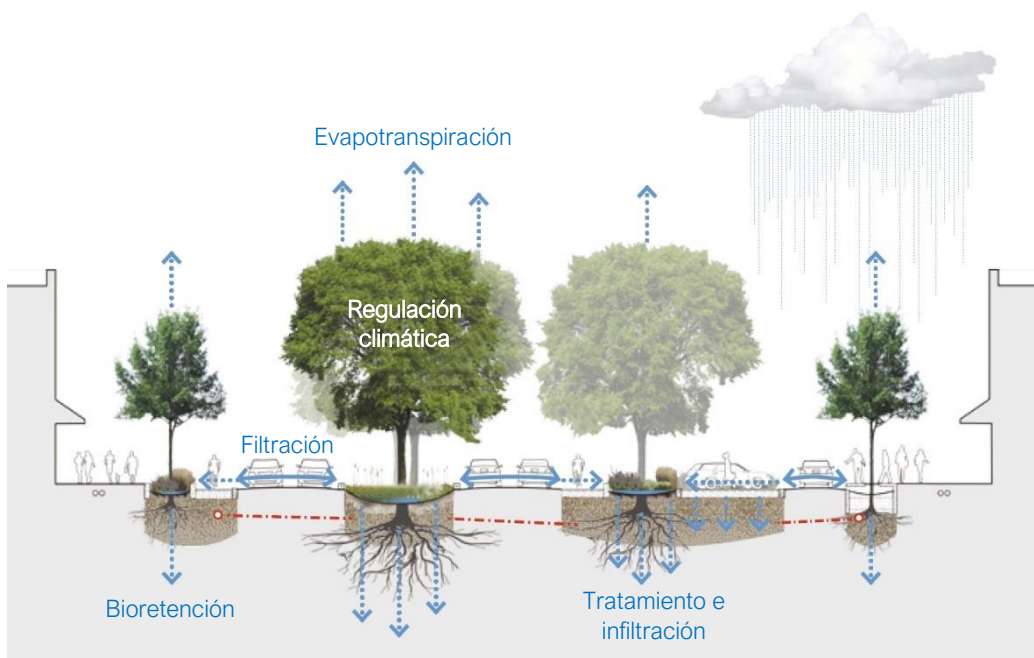


Figura 66. Procesos del Ciclo del Agua Proporcionados por los SUDS  
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

**Sistemas de Control en el Origen**

**Árboles**

Los árboles reducen significativamente la escorrentía a través de los procesos de intercepción, evapotranspiración e infiltración, servicio ecosistémico denominado escurrimiento evitado. La precipitación es interceptada por el follaje, las ramas y el tronco del árbol. Las altas temperaturas y la velocidad del viento aceleran la evaporación del agua almacenada (Xiao et al, 2000). La evapotranspiración comprende la evaporación del agua interceptada y la transpiración del agua desde el suelo hacia la atmósfera (Liu et al, 2017). Los árboles también mejoran la infiltración del agua en el terreno a través del crecimiento de las raíces, el fomento de la actividad microbiana y su contribución a la formación del suelo (Kazemi Zadeh et al, 2016). Las Tablas 39 y 40 presentan las 15 especies de BST con mayor y menor escurrimiento evitado.

Los árboles son una tipología de SUDS apropiada para la cabecera urbana, teniendo en cuenta sus múltiples servicios ecosistémicos discutidos en el marco conceptual. Para su adaptación al entorno urbano (Tabla 38), debe evitarse la ubicación de árboles con raíces superficiales cerca de edificaciones y pavimentos. La afectación de las raíces de los árboles a las edificaciones, pavimentos y redes de servicios puede minimizarse con una adecuada selección de especies, teniendo en cuenta el tamaño de la copa, la distancia a las edificaciones y el sistema radicular. La instalación de contenedores de raíces logra reducir el impacto de las raíces, dirigiéndolas hacia suelos profundos.

NIVEL DE ADAPTACIÓN AL ESPACIO PÚBLICO	ALTO	MEDIO	BAJO
ANDÉN			
PARQUE			
PLAZA			
SEPARADOR VIAL			
NIVEL DE RENDIMIENTO	ALTO	MEDIO	BAJO
CANTIDAD			
CALIDAD DEL AGUA			
BIODIVERSIDAD			
CALIDAD DE VIDA			

*Tabla 38. Árboles - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento*

ESPECIE	ESCURRIMIENTO EVITADO (m³/año)	VALOR ECONÓMICO (COP\$/año)
<i>Trichospermum galeottii</i>	0.07	538.77
<i>Trichilia havanensis</i>	0.05	423.9
<i>Trichilia pallida</i>	0.05	423.9
<i>Genipa americana</i>	0.05	372.33
<i>Xylopia aromatica</i>	0.05	354.13
<i>Xylopia ligustrifolia</i>	0.05	354.13
<i>Pouteria sapota</i>	0.05	352.35
<i>Triplaris americana</i>	0.04	345.11
<i>Senna alata</i>	0.04	343.8
<i>Tapirira guianensis</i>	0.04	342.15
<i>Persea caerulea</i>	0.04	307.32
<i>Tessaria integrifolia</i>	0.04	306.38
<i>Talipariti elatum</i>	0.04	286.6
<i>Talipariti tiliaceum</i>	0.04	286.6
<i>Ruagea glabra</i>	0.04	284.4

Tabla 39. Especies de Bosque Seco Tropical con Mayor Escurrimiento Evitado  
Fuente: Hirabayashi (2013)

ESPECIE	ESCURRIMIENTO EVITADO (m³/año)	VALOR ECONÓMICO (COP\$/año)
<i>Inga ingoides</i>	0.01	89.99
<i>Inga marginata</i>	0.01	89.99
<i>Inga punctata</i>	0.01	89.99
<i>Inga vera</i>	0.01	89.99
<i>Ormosia colombiana</i>	0.01	89.99
<i>Jacaranda copaia</i>	0.01	84.58
<i>Jacaranda hesperia</i>	0.01	84.58
<i>Jacaranda obtusifolia</i>	0.01	84.58
<i>Allophylus racemosus</i>	0.01	80.69
<i>Chamaedorea tepejilote</i>	0.01	79.83
<i>Copernicia tectorum</i>	0.01	79.83
<i>Lacmellea edulis</i>	0.01	77.03
<i>Attalea amygdalina</i>	0.01	71.2
<i>Attalea butyracea</i>	0.01	71.2
<i>Acrocomia aculeata</i>	0.01	65.83

Tabla 40. Especies de Bosque Seco Tropical con Menor Escurrimiento Evitado  
Fuente: Hirabayashi (2013)

## ***Pavimentos Permeables***

Los pavimentos permeables (Figura 67) infiltran, tratan y/o almacenan el agua de lluvia en el origen. Pueden estar hechos de concreto permeable, asfalto poroso, adoquines ecológicos (con grama) o adoquines permeables. Los pavimentos permeables reducen el volumen de escorrentía al capturar y liberar lentamente la escorrentía, reduciendo de esta forma los picos de caudal. En términos de calidad del agua, reducen la concentración de contaminantes ya sea físicamente (atrapándolos en el pavimento o el suelo), químicamente (las bacterias pueden descomponer algunos contaminantes) o biológicamente (plantas que crecen entre algunos tipos de adoquines pueden atrapar contaminantes).

Los pavimentos permeables están compuestos de cuatro capas principales, aunque en casos específicos se pueden requerir capas adicionales para agregar mayor resistencia o almacenar un mayor volumen de agua. Primero, la capa superficial conformada por el pavimento permeable (concreto o asfalto poroso, adoquines ecológicos o permeables). Los pavimentos ecológicos (con grama) son apropiados cuando se requiere aumentar la superficie verde en el espacio público. Segundo, una capa de nivelación compuesta típicamente por arena, cuya función es estabilizar la capa superior. Tercero, una sub-base compuesta por un material granular (grava) que proporciona el almacenamiento temporal de la escorrentía y la mejora en la calidad del agua. Cuarto, una capa filtrante compuesta de arena o piedra triturada, por medio de la cual se filtra el agua desde el reservorio. En casos en que no se requiera infiltración directa en el suelo nativo, debido a su baja permeabilidad, se incluye una capa adicional con geotextil impermeable y un sistema de drenaje con tubería perforada que transporta el agua hacia otro componente del sistema de drenaje.

Los principales espacios de implementación de los pavimentos permeables son parqueaderos descubiertos, bahías de estacionamiento y calzadas vehiculares con baja carga peatonal o vehicular. No se recomienda su implementación en vías de alto tráfico. También pueden utilizarse en parques y plazas como reemplazo de superficies impermeables.



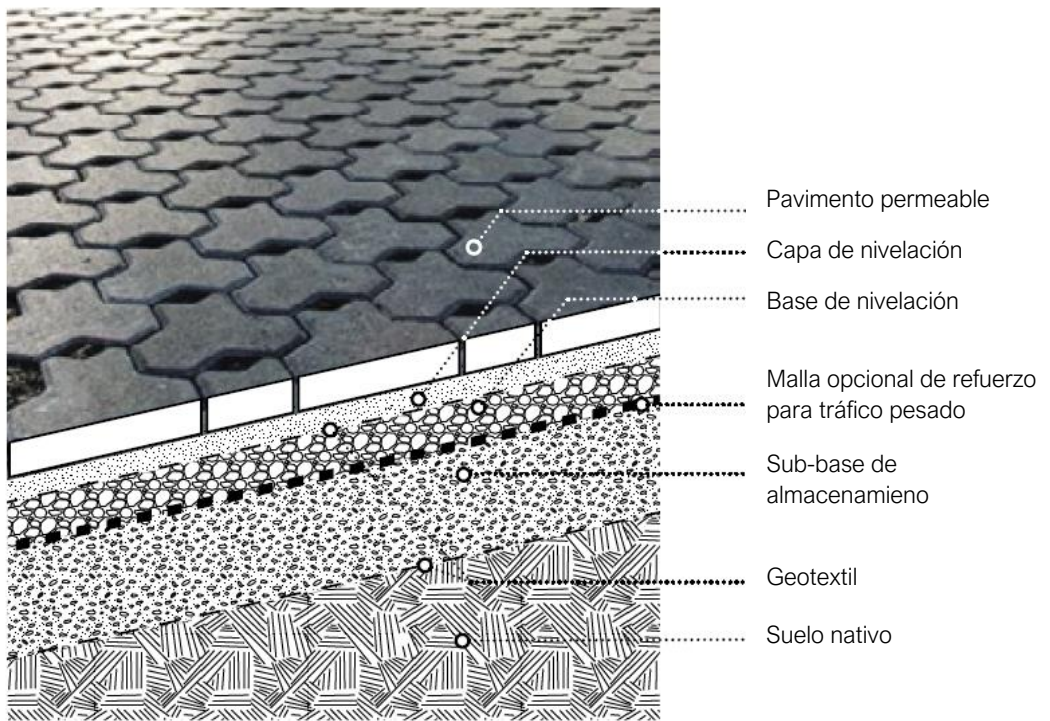


Figura 67. Pavimentos Permeables - Especificaciones Técnicas  
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

NIVEL DE ADAPTACIÓN AL ESPACIO PÚBLICO	ALTO	MEDIO	BAJO
ANDÉN			
PARQUE			
PLAZA			
SEPARADOR VIAL			
CALZADA VEHICULAR LOCAL			
NIVEL DE RENDIMIENTO	ALTO	MEDIO	BAJO
CANTIDAD			
CALIDAD DEL AGUA			
BIODIVERSIDAD			
CALIDAD DE VIDA			

Tabla 41. Pavimentos Permeables - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

## ***Sistemas de Bioretención***

Los sistemas de bioretención (Figura 68) son un conjunto de tipologías cuyo principal beneficio es la mejora de la calidad del agua, mediante las propiedades naturales del suelo y la vegetación para eliminar los contaminantes. También proporcionan reducción del volumen y los picos de caudal, a través de la evapotranspiración y su capacidad de almacenamiento. Las tipologías de bioretención incluyen jardín de lluvia, zona de bioretención y alcorque inundable. Estos sistemas proporcionan una mejora significativa en la calidad del agua en comparación con otras tipologías SUDS debido a los procesos de bioremediación asociados a la actividad microbiana en el sustrato y la absorción de plantas. Debido a estas propiedades, los sistemas de bioretención son un componente esencial del tren de tratamiento de SUDS. También proveen beneficios significativos en términos de biodiversidad, ya que pueden incorporar una variedad de plantas y árboles. A nivel de calidad de vida, los sistemas de bioretención aumentan la superficie verde, contribuir a la mitigación de ICU y mejoran la calidad visual del entorno urbano.

Los sistemas de bioretención se diseñan para capturar la escorrentía de las superficies impermeables (calzada vehicular, andenes, edificaciones). Debido a su énfasis en calidad del agua, estos sistemas se diseñan para gestionar períodos de retorno entre 1 y 5 años; las grandes precipitaciones se dirigen por rebose hacia otros componentes del sistema de drenaje. Los sistemas de bioretención se componen de una capa superior de materia orgánica con vegetación y sustratos filtrantes debajo. En algunas aplicaciones, se proporciona un drenaje subterráneo de grava debajo del suelo. El sustrato debajo de la capa de materia orgánica consiste predominantemente en arena con cantidades más pequeñas de limo, arcilla y material orgánico, lo que ayuda a aumentar la infiltración y filtración de contaminantes. Las plantas y la capa de materia orgánica también ayudan a mejorar la infiltración y la eliminación de contaminantes. El área normalmente está plantada con especies nativas que son tolerantes a niveles elevados de contaminantes y fluctuaciones en la humedad del suelo.

Los sistemas de bioretención pueden ubicarse en separadores viales y zonas verdes de andén para tratar la escorrentía derivada del tráfico vehicular, gestionando de esta forma la contaminación en el origen. Previo a los sistemas de bioretención, se requiere un pretratamiento efectivo para eliminar las cargas de sedimentos y limos que pueden causar obstrucción y posterior falla del sistema.

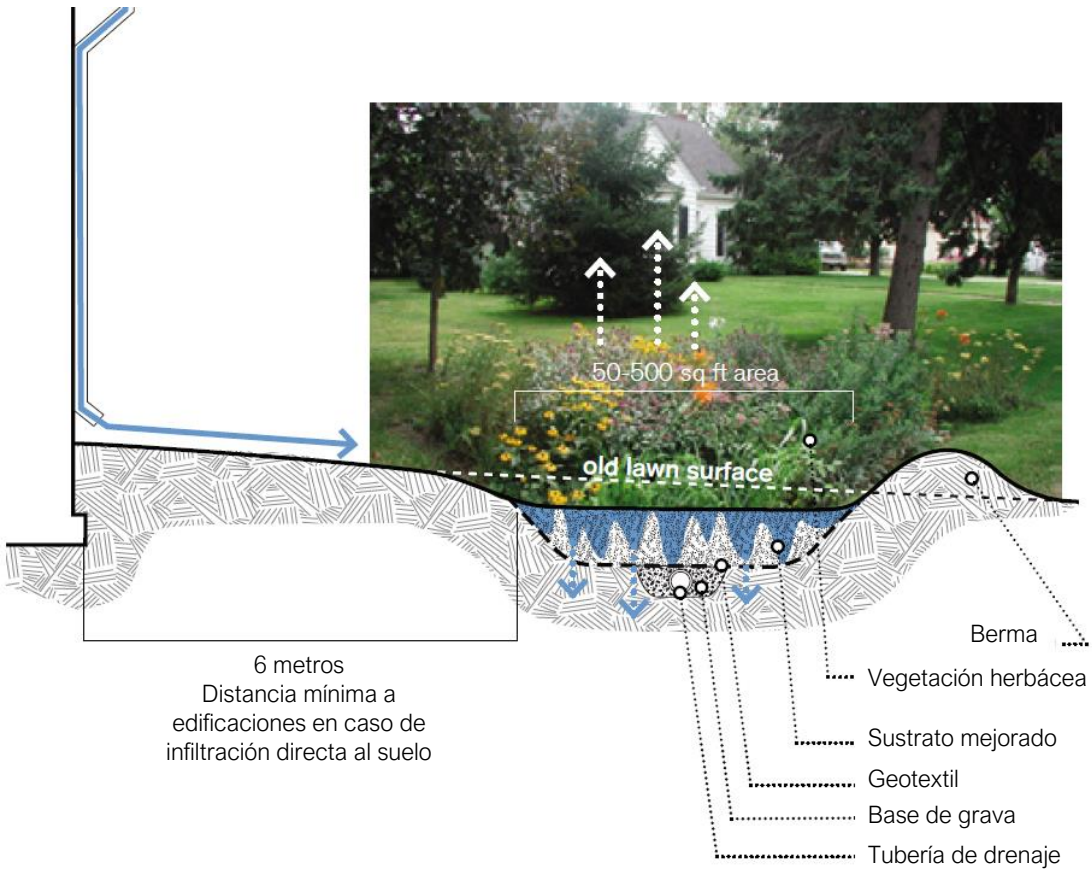


Figura 68. Sistemas de Bioretención - Especificaciones Técnicas  
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

NIVEL DE ADAPTACIÓN AL ESPACIO PÚBLICO	ALTO	MEDIO	BAJO
ANDÉN			
PARQUE			
PLAZA			
SEPARADOR VIAL			
NIVEL DE RENDIMIENTO	ALTO	MEDIO	BAJO
CANTIDAD			
CALIDAD DEL AGUA			
BIODIVERSIDAD			
CALIDAD DE VIDA			

Tabla 42. Sistemas de Bioretención - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

## ***Sistemas de Infiltración***

Los sistemas infiltración (Figura 69) se utilizan para capturar la escorrentía y permitir que se almacene en un reservorio y se infiltre a través de la capa del subsuelo hacia los acuíferos o flujos de agua subterránea. Generalmente, los sistemas de infiltración funcionan como complemento de otras tipologías de SUDS como pavimentos permeables o sistemas de bioretención. El principal beneficio de los sistemas de infiltración es la reducción del volumen y los picos de caudal, al almacenar temporalmente la escorrentía y permitir su infiltración, de acuerdo a la permeabilidad del suelo existente. También proporcionan una mejora limitada de la calidad del agua, por lo cual se recomienda mejorar la calidad del agua previamente con sistemas de bioretención. Los beneficios en términos de biodiversidad de los sistemas de infiltración son limitados debido a que no incorporan vegetación arbórea; sin embargo, pueden incorporar vegetación herbácea y aumentar de esta forma la superficie verde en el espacio público.

Los sistemas de infiltración considerados en este estudio son soakaways, cuencas de infiltración y jardines de lluvia. Los soakaways son excavaciones puntuales de profundidad variable rellenas con materiales permeables como grava o estructuras geocelulares que proporcionan infiltración profunda. Las cuencas de infiltración son depresiones poco profundas que proveen filtración de contaminantes e infiltración a nivel superficial. Los jardines de lluvia son similares a la tipología de bioretención, con la diferencia de que el sustrato es optimizado para el almacenamiento e infiltración.

Las cuencas de infiltración, por ser sistemas de poca profundidad y mayor requerimiento de área, son más apropiados para zonas con suelos de alta permeabilidad. Los soakaways, por el contrario, son útiles en suelos de baja permeabilidad porque infiltración directa hacia estratos de suelo profundos o directamente hacia acuíferos. La infiltración directa hacia el acuífero debe estudiarse en cada caso particular por un especialista en geotecnia. En todos los casos, debe garantizarse la calidad del agua infiltrada a través de sistemas de bioretención localizados previo al sistema de sistema de infiltración para evitar la contaminación de aguas subterráneas. Los sistemas de infiltración pueden implementarse en áreas alejadas al menos 10 metros de edificaciones y pavimentos, lo cual limita su ubicación en andenes y separadores viales. Parques y espacios abiertos son lugares ideales para implementar sistemas de infiltración.

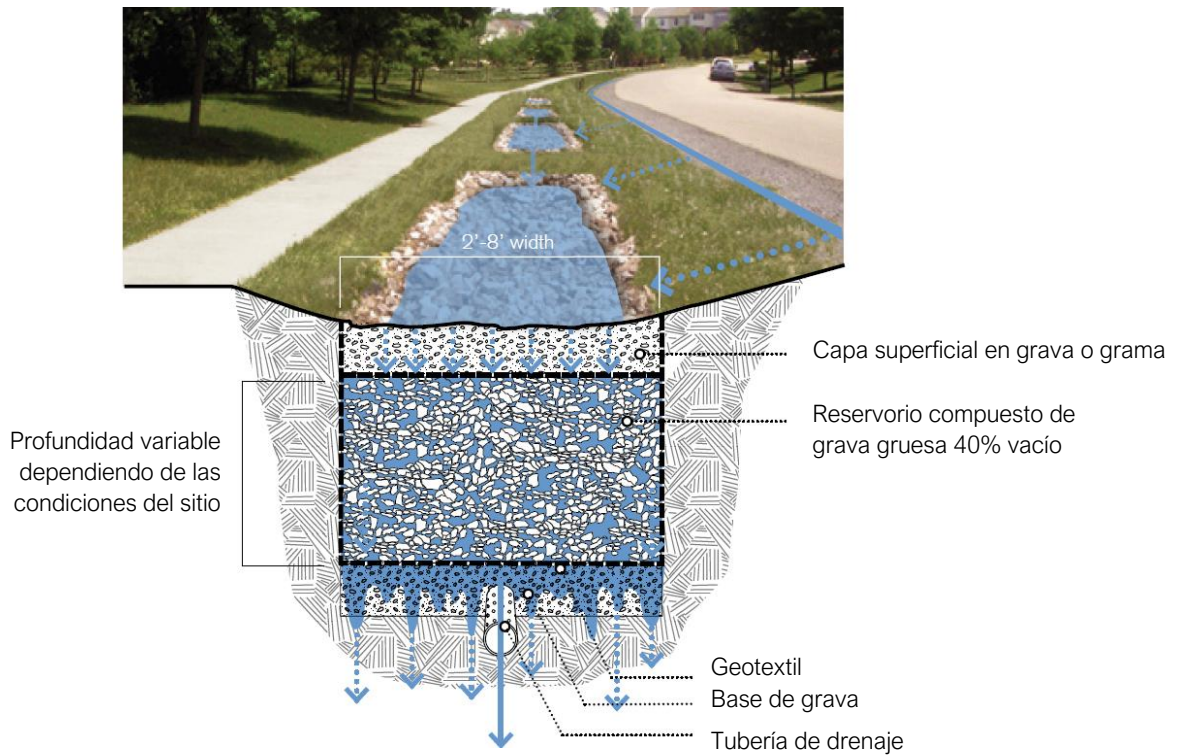


Figura 69. Sistemas de Infiltración - Especificaciones Técnicas  
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

NIVEL DE ADAPTACIÓN AL ESPACIO PÚBLICO	ALTO	MEDIO	BAJO
ANDÉN			
PARQUE			
PLAZA			
SEPARADOR VIAL			
NIVEL DE RENDIMIENTO	ALTO	MEDIO	BAJO
CANTIDAD			
CALIDAD DEL AGUA			
BIODIVERSIDAD			
CALIDAD DE VIDA			

Tabla 43. Sistemas de Infiltración - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

## ***Sistemas de Almacenamiento***

Los sistemas de almacenamiento (Figura 70) proporcionan beneficios principalmente en cantidad, mitigando los picos de caudal, atenuando el flujo y reduciendo el volumen de escorrentía. Los sistemas de almacenamiento incluyen una variedad de tipologías: estanques de detención, tanques de almacenamiento y humedales artificiales. Los estanques de detención son depresiones (con o sin vegetación herbácea y/o arbórea) que normalmente están secas, excepto durante e inmediatamente después de eventos de lluvia. Los tanques de almacenamiento son estructuras subterráneas (en concreto, plástico o fibra de vidrio) que capturan escorrentía para su reutilización. Los humedales artificiales son estanques con lámina permanente de agua, que pueden soportar vegetación acuática emergente y sumergida, lo cual ayuda a mejorar la calidad del agua. Los humedales artificiales proporcionan beneficios adicionales en términos de biodiversidad (hábitat, sitios de anidamiento, alimentación de fauna) y calidad de vida (reducen las islas de calor, además de servicios culturales asociados al contacto visual y físico con el agua).

Los humedales artificiales incluyen al menos 3 componentes: 1) zona pantanosa poco profunda en el fondo del humedal, 2) zona de volumen de agua permanente, y 2) volumen de almacenamiento por encima del nivel normal del agua. La cantidad de cada uno de estos componentes depende del tipo deseado de humedal de acuerdo a las características específicas del sitio. La vegetación nativa (herbácea, arbórea y acuática) propia de humedales es un componente necesario para maximizar los beneficios en biodiversidad y calidad del agua. Los estanques de detención se mantienen secos en la ausencia de lluvia, por lo cual su espacio puede destinarse a otras actividades urbanas (canchas deportivas, zonas de juegos, etc), por lo cual es una tipología útil en áreas con limitaciones de espacio.

Los sistemas de almacenamiento requieren espacio, por lo cual se recomienda su implementación en parques, zonas verdes o espacios deportivos que puedan soportar inundaciones periódicas. Los parques pueden destinar parte de su espacio a estos sistemas o diseñarse con el propósito específico de retener el agua en períodos de lluvia y reintegrarla lentamente al sistema de drenaje. Los sistemas de almacenamiento son particularmente importantes en el contexto del cambio climático. Los humedales pueden compensar los cambios en las precipitaciones al almacenar agua y reducir los efectos de la sequía y las precipitaciones extremas.

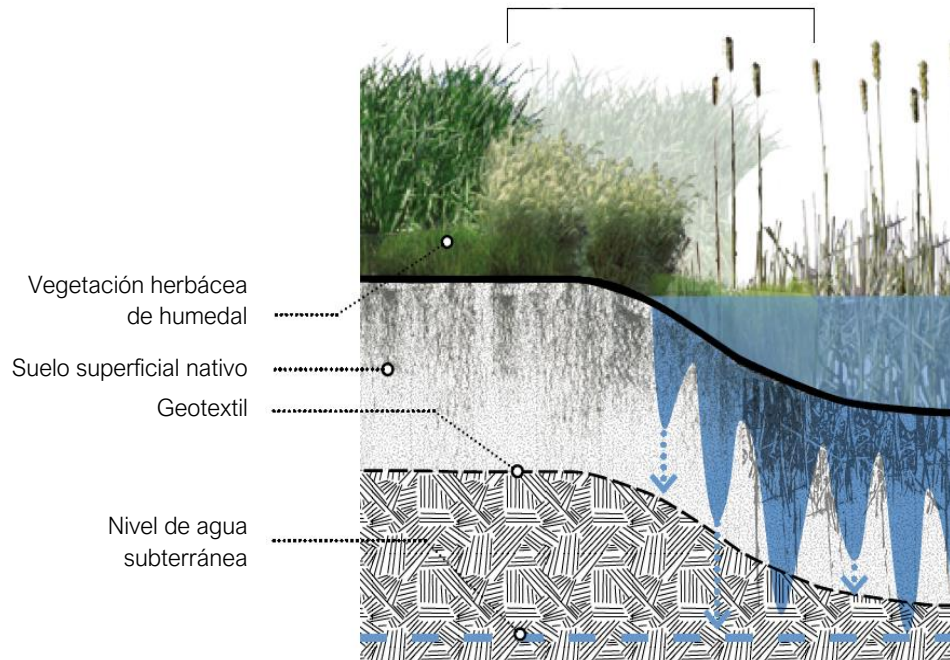


Figura 70. Humedales Artificiales - Especificaciones Técnicas  
 Fuente: Adaptado de Huber (2010)

NIVEL DE ADAPTACIÓN AL ESPACIO PÚBLICO	ALTO	MEDIO	BAJO
ANDÉN			
PARQUE			
PLAZA			
SEPARADOR VIAL			
NIVEL DE RENDIMIENTO	ALTO	MEDIO	BAJO
CANTIDAD			
CALIDAD DEL AGUA			
BIODIVERSIDAD			
CALIDAD DE VIDA			

Tabla 44. Humedales Artificiales - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

## ***Sistemas de Transporte***

Los sistemas de transporte (Figura 71) cumplen la función de conducir lentamente la escorrentía superficial hasta los puntos de tratamiento o descarga. Se diferencian de los sistemas convencionales porque los SUDS incorporan sustratos y vegetación para obtener beneficios en calidad del agua. Es importante señalar que los SUDS son compatibles con los sistemas convencionales y funcionan de manera complementaria. Los SUDS de transporte se diseñan para permitir los procesos naturales de oxigenación, filtración, almacenamiento, infiltración y evapotranspiración del agua a lo largo del trayecto. Dentro de las tipologías de transporte se encuentran los drenes filtrantes y cunetas verdes.

Los drenes filtrantes son zanjas poco profundas recubiertas de geotextil y rellenas de material filtrante (grava), que sirven para captar, filtrar y transportar la escorrentía de superficies impermeables contiguas. Generalmente se instala una tubería perforada en la parte inferior del dren para aumentar la capacidad de transporte. Las cunetas verdes son canales de poca profundidad, cubiertos de vegetación herbácea y con sustratos diseñados para filtrar y transportar la escorrentía a velocidades bajas, favoreciendo la sedimentación y la infiltración. Las cunetas verdes pueden diseñarse en diversos tamaños dependiendo del área de drenaje. Los canales de drenaje tradicionales de sección trapezoidal y taludes en concreto pueden rediseñarse bajo los principios de las cunetas verdes, reduciendo la profundidad, ampliando el ancho de la base, disminuyendo la inclinación de los taludes e incorporando vegetación herbácea y arbórea que ayuda a estabilizar el canal. En canales grandes, es posible establecer bosques ribereños como áreas forestales protectoras del curso de agua.

Los drenes filtrantes y cunetas verdes pueden implementarse en parques y zonas verdes de distintos tamaños y configuraciones para transportar la escorrentía de forma integrada con el diseño de paisaje. También es factible su implementación en separadores viales con espacio disponible para cunetas verdes, corriendo paralelo a la vía y recibiendo escorrentía de zonas impermeables como calzadas vehiculares. En calles locales, es posible incorporar estos sistemas en reemplazo o como complemento del sistema tradicional basado en tuberías subterráneas.



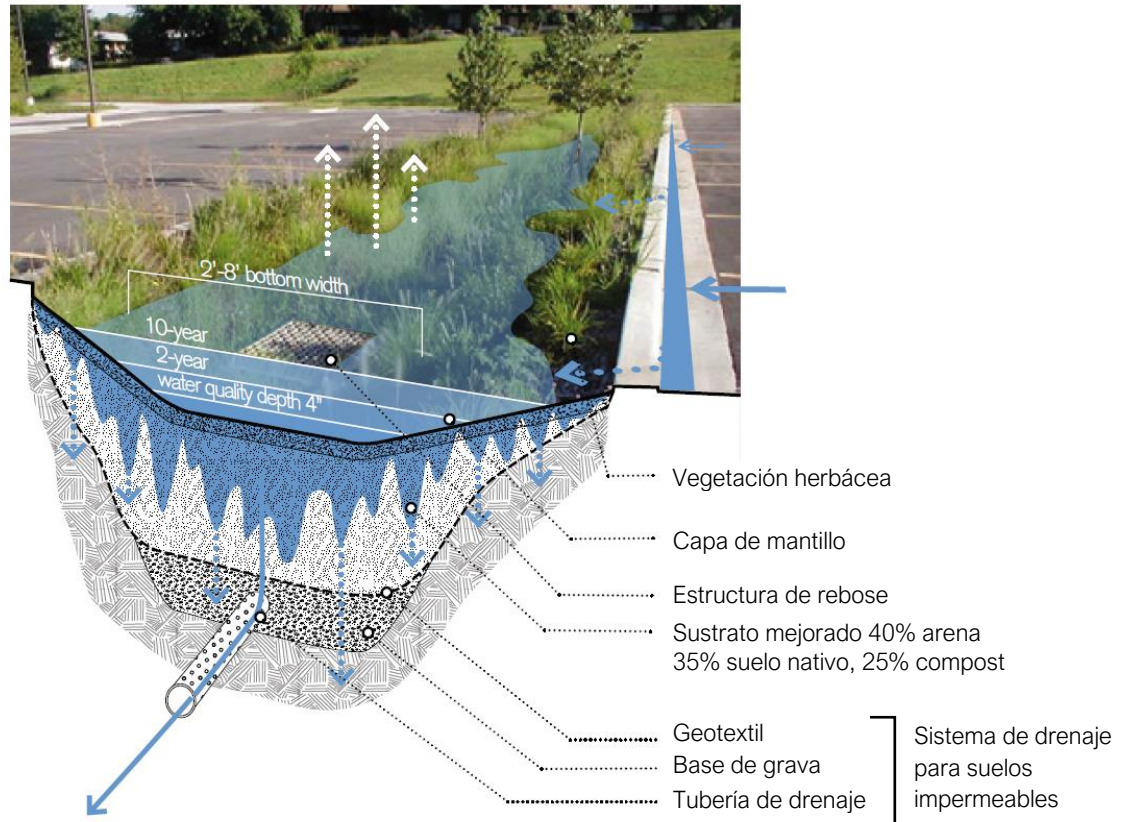


Figura 71. Cunetas Verdes - Especificaciones Técnicas  
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

NIVEL DE ADAPTACIÓN AL ESPACIO PÚBLICO	ALTO	MEDIO	BAJO
ANDÉN			
PARQUE			
PLAZA			
SEPARADOR VIAL			
NIVEL DE RENDIMIENTO	ALTO	MEDIO	BAJO
CANTIDAD			
CALIDAD DEL AGUA			
BIODIVERSIDAD			
CALIDAD DE VIDA			

Tabla 45. Sistemas de Transporte - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento



# CONCLUSIONES

Guadalajara de Buga es un municipio con una riqueza ambiental única en el Valle del Cauca. El Sistema Municipal de Áreas Protegidas (SIMAP) está bien constituido e incluye áreas de páramos y reservas forestales en la zona montañosa, hasta las zonas de humedales en la Laguna de Sonso. Esta riqueza ambiental se observa también en la cabecera urbana del municipio, con el río Guadalajara como principal elemento natural y una serie importante de parques, quebradas y equipamientos con alto valor ambiental.

Para la conservación y el enriquecimiento de este patrimonio natural en la zona urbana, es fundamental implementar una estrategia de manejo bordes en la interfase urbano-rural, que permita garantizar la conectividad ecológica y el flujo de servicios ecosistémicos. Hacia el borde este, es imperativo proteger el piedemonte de la Cordillera Central de las presiones del desarrollo urbano, ya que este paisaje constituye el principal elemento de identidad de la zona urbana y garantiza la conectividad con los ecosistemas de alta montaña.

Para lograr esto, se propone fortalecer las áreas forestales protectoras del río Guadalajara y las quebradas Lechugas, Honda (o La Pachita) y Varelas. El río Guadalajara es el elemento principal de conectividad de la zona urbana debido a su dimensión y la conservación de su área forestal protectora a su paso la cabecera urbana. El río Guadalajara garantiza una conectividad ecosistémica entre el río Cauca hacia el occidente y la Reserva Nacional Forestal (RNF) de Buga hacia la Cordillera Oriental.

Como principal estrategia conectividad entre la cabecera urbana y los ecosistemas rurales, el Programa de Mejoramiento propone el establecimiento de un corredor de conservación y uso sostenible entre el PNR El Vínculo y la cabecera urbana, a través del sistema orográfico de piedemonte. Este corredor se complementa con el Corredor Mixto definido por el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD), que plantea la conectividad ecológica hacia la RFPN de Buga a través del río Guadalajara. El POTD también define un Corredor de Protección que conecta el Parque Natural Regional (PNR) El Vínculo, el DRMI Laguna de Sonso y el río Cauca.

La existencia de un sistema de acequias, zanjones y canales de riego en la zona plana de Buga ofrece una oportunidad única para mejorar la conectividad urbano-rural. Este sistema, si se gestiona de manera adecuada, puede convertirse en un eje de conexión entre los humedales del río Cauca y la zona urbana. Los canales de riego pueden transformarse en elementos de la infraestructura verde, funcionando como corredores biológicos, conectando áreas de hábitat natural y facilitando el movimiento de especies entre ellas. Esto puede ayudar a reducir la fragmentación del hábitat y mejorar la biodiversidad en la zona urbana y rural.

Este sistema de acequias, zanjones y canales de riego puede funcionar como futuro sistema de espacio público para la expansión urbana. Estos canales y zanjones pueden incorporar senderos peatonales y ciclovías, creando un sistema de movilidad sostenible. Integrados como parte del tejido urbano, estos corredores pueden ser diseñados para servir como articuladores de espacios públicos y equipamientos. Como infraestructura verde, estos canales pueden desempeñar un papel crucial en la gestión del agua, reduciendo la presión sobre el sistema de drenaje convencional y mitigando el riesgo de inundaciones urbanas.

Como estrategia para reforzar la estructura ecológica urbana, se propone establecer un sistema de Calles Verdes que funcione como corredores ecológicos, conectando los parques y áreas verdes en la zona urbana. Estas Calles Verdes proporcionan conectividad ecológica y ayudan a compensar la escasez de espacios verdes. Mediante su implementación, se puede aumentar la oferta de servicios ecosistémicos, ofrecer hábitat, alimento y refugio para la biodiversidad, integrar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), fomentar la movilidad no motorizada y contribuir al aumento del índice de espacio público efectivo.

Los espacios públicos en la ciudad se distinguen por tener una vegetación arbórea de muy escasa diversidad florística. Por consiguiente, resulta fundamental que los parques se orienten hacia el fomento de la biodiversidad y la mejora de la provisión de servicios ecosistémicos. Esto puede alcanzarse mediante el establecimiento de bosques complejos, conformados por múltiples estratos de vegetación, que respalden al mismo tiempo los usos sociales de los parques y promuevan un entorno más resiliente frente al cambio climático.

En Guadalajara de Buga, el tráfico motorizado, especialmente de motocicletas, es muy predominante, y la impermeabilización de las calles es generalizada. Por lo tanto, se requiere reconsiderar el diseño de las vías urbanas para lograr entornos más saludables y sostenibles. Esto implica la incorporación de elementos como áreas verdes, árboles, jardines y otros espacios naturales que disminuyan la temperatura y fomenten la biodiversidad en la ciudad. Además, es importante contemplar opciones de movilidad sostenible, como carriles dedicados a bicicletas, transporte público y peatones, con el objetivo de disminuir la cantidad de vehículos en las calles y mejorar la calidad del aire.

La implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en Guadalajara de Buga resulta crucial, teniendo en cuenta la ubicación de la ciudad en un área de recarga de acuíferos. Estos sistemas permiten una gestión eficiente del agua de lluvia, reduciendo el riesgo de inundaciones y mejorando la calidad del agua que se infiltra en el suelo, lo que beneficia tanto a los ecosistemas locales como a los recursos hídricos subterráneos.

El futuro de Guadalajara de Buga depende en gran medida de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, que permitan preservar y potenciar su riqueza ambiental y paisajística. El fortalecimiento del sistema colinado, la recuperación de las quebradas y canales de riego como infraestructura verde y futuro sistema de espacio público, la creación de Calles Verdes y la promoción de la biodiversidad en los espacios públicos, son aspectos clave para consolidar el ecosistema urbano. Estas acciones permitirán forjar una ciudad más saludable y conectada con su entorno natural, asegurando así un legado sostenible para las generaciones futuras.

# BIBLIOGRAFÍA

Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International regional science review*, 28(2), 168-192.

Asamblea Departamental del Valle del Cauca (2019). Plan de Ordenamiento Territorial Departamental – POTD. Ordenanza No. 513 del 6 de agosto de 2019 Santiago de Cali.

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301.

Buitrago Bermúdez O. & MA. Aguirre. 2017. Transformaciones espaciotemporales de la Reserva Natural Laguna de Sonso (Colombia) desde mediados del siglo XX a principios del siglo XXI. Anales de Geografía de la Universidad Complutense.

Carbonell González, J. (2011). *Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (cuarta aproximación): principios metodológicos y aplicaciones* (No. P01-293). Cenicaña (Colombia).

Cardona, A. M. A., Ardila, C. V., & De Ulloa, P. C. (2012). Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2).

Childers, D. L., Pickett, S. T., Grove, J. M., Ogden, L., & Whitmer, A. (2014). Advancing urban sustainability theory and action: Challenges and opportunities. *Landscape and urban planning*, 125, 320-328.

CVC (2005): Plan Ambiental Integral Humedal Laguna de Sonso, municipio de Guadalajara de Buga. Santiago de Cali.

CVC-Funagua (2010). Aunar esfuerzos técnicos y económicos para realizar el análisis preliminar de la representatividad ecosistémica, a través de la recopilación, clasificación y ajuste de información primaria y secundaria con rectificaciones de campo del mapa de ecosistemas de Colombia, para la jurisdicción del Valle del Cauca. 2010

CVC (1990). Comparación de cobertura de bosques y humedales entre 1957 y 1986 con delimitación de las comunidades naturales críticas en el valle geográfico del Río Cauca.

Informe 90-7. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca: Santiago de Cali: CVC, Dirección Técnica Ambiental.

CVC (2018). Artículo publicado en página web. <https://www.cvc.gov.co/carousel/3092-en-el-paramo-de-las-tinajas-volvio-a-nevar-despues-de-20-anos>

CVC (2019). Caracterización de la Calidad Ambiental Urbana - Municipio de Guadalajara de Buga, Valle del Cauca Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC., Santiago de Cali: CVC, Dirección Técnica Ambiental.

CVC (2020a). Lineamientos para el conocimiento, conservación, preservación, restauración y uso sostenible de los elementos naturales del espacio público en el Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. López, A.; Ordóñez, A.; Vargas, P. & Canaval, B. Santiago de Cali.

CVC (2020b). Plan de Acción 2020-2023. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC.. Santiago de Cali.

DNP (2004). Documento CONPES 3305. Lineamientos para optimizar la política de desarrollo urbano. Consejo Nacional de Política Económica y Social - Departamento Nacional de Planeación. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C., 2004

DNP (2012). Documento CONPES 3718 - Política Nacional de Espacio Público. Consejo Nacional de Política Económica y Social - Departamento Nacional de Planeación. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Cultura, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Transporte, Policía Nacional. Bogotá D.C., 2012

Du Plessis, C., & Brandon, P. (2015). An ecological worldview as basis for a regenerative sustainability paradigm for the built environment. *Journal of Cleaner Production*, 109, 53-61.

Fang, C. F., & Ling, D. L. (2003). Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape and urban planning*, 63(4), 187-195.

Fayed, L., Elshater, A., & Rashed, R. (2020). Aspects of regenerative cities. In *Architecture and Urbanism: A Smart Outlook* (pp. 303-319). Springer, Cham.

Forgaci, C. (2018). Integrated Urban River Corridors: Spatial design for social-ecological resilience in Bucharest and beyond. *A+ BE| Architecture and the Built Environment*, (31), 1-382.

Gartland, L. M. (2012). *Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas*. Routledge

- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built environment*, 33(1), 115-133.
- Heaviside, C., Macintyre, H., & Vardoulakis, S. (2017). The urban heat island: implications for health in a changing environment. *Current environmental health reports*, 4(3), 296-305.
- Hirabayashi, S. (2013). i-Tree Eco precipitation interception model descriptions. *US Department of Agriculture Forest Service: Washington, DC, USA*, 1, 0-21.
- Hong, J. Y., & Jeon, J. Y. (2013). Designing sound and visual components for enhancement of urban soundscapes. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(3), 2026-2036.
- Hsu, A., Sheriff, G., Chakraborty, T., & Manya, D. (2021). Disproportionate exposure to urban heat island intensity across major US cities. *Nature communications*, 12(1), 1-11.
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. *Life zone ecology.*, (rev. ed.).
- Huber, J. (2010). Low Impact Development: a design manual for urban areas. *Arkansas: Fayetteville*.
- Hughes, J., Taylor, E., & Juniper, T. (2018). Living Cities: towards ecological urbanism. *E.: Scottish Wildlife Trust–2018.–24 pp.*
- Jim, C. Y., & Chen, W. Y. (2008). Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). *Journal of environmental management*, 88(4), 665-676.
- Kazemi Zadeh, M., & Sepaskhah, A. R. (2016). Effect of tree roots on water infiltration rate into the soil. *Iran Agricultural Research*, 35(1), 13-20.
- Lamprea Naranjo Y. (2011). Estudio comparativo de modelos de balance hídrico a nivel mensual en cuencas hidrográficas de Cundinamarca y Valle del Cauca. Tesis de Grado. Ingeniería Civil. Universidad Javeriana. Bogotá.
- Leal, I.R., Wirth, R. & Tabarelli, M. (2014) The multiple impacts of leaf-cutting ants and their novel ecological role in human-modified neotropical forests. *Biotropica*, 46, 516–528.
- Leemans, R., & De Groot, R. S. (2003). Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: a framework for assessment.
- Liu, X., Li, X. X., Harshan, S., Roth, M., & Velasco, E. (2017). Evaluation of an urban canopy model in a tropical city: the role of tree evapotranspiration. *Environmental Research Letters*, 12(9), 094008.



Magnaghi, A. (2000). *Il progetto locale* (p. 9). Torino: Bollati Boringhieri.

Mika, J., Forgo, P., Lakatos, L., Olah, A. B., Rapi, S., & Utasi, Z. (2018). Impact of 1.5 K global warming on urban air pollution and heat island with outlook on human health effects. *Current opinion in environmental sustainability*, 30, 151-159.

Minambiente (2008). Política de Gestión Ambiental Urbana - PGAU. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT. Bogotá DC, 2008. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/gestion-ambiental-urbana/>

Minambiente (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.

Minambiente (2015). Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.

Minambiente (2016). Índice de Calidad Ambiental Urbana – ICAU. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. Díaz, A.; Granados, S. & Valdés, D. Bogotá DC, Mayo de 2016.

Minambiente (2016). Informe nacional de calidad ambiental urbana: Áreas urbanas con población entre 100.000 y 500. 000 habitantes. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana. Díaz, A; Saldaña, A. Bogotá, D.C., 2016.

Minambiente (2021). Programa Nacional para la Conservación y Restauración del Bosque Seco Tropical en Colombia. Plan de Acción 2020-2030 / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.

Minambiente (2022). Bosque Seco Tropical. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/bosque-seco-tropical/>

Murphy, P. G., & Lugo, A. E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual review of ecology and systematics*, 67-88.

Murray, C., & Marmorek, D. (2003). Adaptive management and ecological restoration. *Ecological restoration of southwestern ponderosa pine forests*, 417-428.

Nowak, D. J., & Crane, D. E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental pollution*, 116(3), 381-389.

ONU (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York, Naciones Unidas.

ONU (2016). Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) - Nueva Agenda Urbana, Quito, 2016. Recuperado de: <https://uploads.habitat3.org/hb3/NUA-Spanish.pdf>

ONU (2021). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - UNDP, 2021. Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS. Recuperado de: <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Urban green spaces and health* (No. WHO/EURO: 2016-3352-43111-60341). World Health Organization. Regional Office for Europe.

Onishi, A., Cao, X., Ito, T., Shi, F., & Imura, H. (2010). Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. *Urban forestry & Urban greening*, 9(4), 323-332.

Ow, L. F., & Ghosh, S. (2017). Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. *Applied Acoustics*, 120, 15-20.

Panlasigui, S., Spotswood, E., Beller, E., & Grossinger, R. (2021). Biophilia beyond the Building: Applying the Tools of Urban Biodiversity Planning to Create Biophilic Cities. *Sustainability*, 13(5), 2450.

Pataki, D. E., Alig, R. J., Fung, A. S., Golubiewski, N. E., Kennedy, C. A., McPherson, E. G., ... & Romero Lankao, P. (2006). Urban ecosystems and the North American carbon cycle. *Global Change Biology*, 12(11), 2092-2102.

Paul, B. D. (2008). A history of the concept of sustainable development: literature review. *The Annals of the University of Oradea, Economic Sciences Series*, 17(2), 576-580.

Pizano, C y H. García (Editores). 2014. El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.

Pucher, J., Buehler, R., Bassett, D. R., & Dannenberg, A. L. (2010). Walking and cycling to health: a comparative analysis of city, state, and international data. *American journal of public health*, 100(10), 1986-1992.

Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., & Erell, E. (2011). The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International journal of climatology*, 31(10), 1498-1506.

Silverman, D. T. (2017). Diesel exhaust causes lung cancer: now what? *Occup Environ Med*, 74(4), 233-234.

Soto-Estrada, Engelberth. (2019). *Estimación de la isla de calor urbana en Medellín, Colombia*. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(2), 421-434. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.13>

Spirn, A. W. (2014). Ecological urbanism: A framework for the design of resilient cities (2014). In *The ecological design and planning reader* (pp. 557-571). Island Press, Washington, DC.

Rising, H. H. (2015). *Water urbanism: Building more coherent cities* (Doctoral dissertation, University of Oregon).

Rosgen, D. L. (2011). Natural channel design: fundamental concepts, assumptions, and methods. *Stream Restoration in Dynamic Fluvial Systems: Scientific Approaches, Analyses, and Tools, Geophys. Monogr. Ser.*, 194, 69-93.

Toharia, M. (2018). ¿Cuántos árboles por habitante hacen falta en las ciudades? El País. Madrid, España. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2018/05/07/seres\\_urbanos/1525688899\\_487227.html](https://elpais.com/elpais/2018/05/07/seres_urbanos/1525688899_487227.html)

Torres, A. M., Adarve, J. B., Cárdenas, M., Vargas, J. A., Londoño, V., Rivera, K., ... & González, Á. M. (2012). Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2).

van der Sluis, T., & Jongman, R. H. G. (2021). Green Infrastructure and network coherence. In *Handbook B: Scientific support for successful implementation of the Natura 2000 network*: (pp. 24-78). European Commission.

Van Der Hammen, T. (1958). Estratigrafía del terciario y maestrichtiano con continentales y tectogénesis de los Andes colombianos. *Boletín geológico*, 6(1-3), 60-116.

Vargas, W. (2012). Los bosques secos del Valle del Cauca, Colombia: una aproximación a su flora actual. *Biota Colombiana*, 13(2).

Vargas, W., Ramírez, W., Pizano, C., & García, H. (2014). Lineamientos generales para la restauración del Bosque Seco Tropical en Colombia. *El bosque seco tropical en Colombia*, 252-291.

Wiley, N. (2013). Florida Fish and Wildlife Conservation Commission.

Wong, N. H., & Chen, Y. (2008). *Tropical urban heat islands: climate, buildings and greenery*. Routledge.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. *The SuDS Manual*; CIRIA: London, UK, 2015.

Xiao, Q., McPherson, E. G., Ustin, S. L., & Grismer, M. E. (2000). A new approach to modeling tree rainfall interception. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 105(D23), 29173-29188.

Zuluaga Varón, D. C. (2015). El derecho al paisaje en Colombia. consideraciones para la definición de su contenido, alcance y límites. *Bogotá: Universidad del Externado de Colombia*.