



PROGRAMA DE MEJORAMIENTO

DE LOS ELEMENTOS NATURALES DEL
ESPACIO PÚBLICO Y ARBOLADO URBANO

CABECERA URBANA DE

Cartago

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 Cartago. 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

ÍNDICE DE FIGURAS	1
ÍNDICE DE TABLAS	3
INTRODUCCIÓN	1
I. MARCO TEÓRICO	5
1.1. DESARROLLO SOSTENIBLE	6
1.2. URBANISMO ECOLÓGICO.....	14
1.3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	18
2. MARCO JURÍDICO	25
2.1. MARCO POLÍTICO NACIONAL.....	26
2.2. MARCO POLÍTICO REGIONAL	31
2.3. MARCO NORMATIVO.....	31
2.4. MARCO DE PLANIFICACIÓN.....	37
3. DIAGNÓSTICO	41
3.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO.....	43
3.2. COMPONENTE AMBIENTAL.....	44
3.3. COMPONENTE URBANO	64
3.4. COMPONENTE DE PAISAJE.....	74
3.5. CENSO ARBÓREO	88
3.6. ANÁLISIS DE ISLAS DE CALOR URBANO (ICU)	102

4. OBJETIVOS, LÍNEAS ESTRATÉGICAS Y METAS	107
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	108
4.2. LÍNEA ESTRATÉGICA 1. PRESERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO (ENEP) .	109
4.3. LÍNEA ESTRATÉGICA 2. GESTIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	112
4.4. LÍNEA ESTRATÉGICA 3. ARTICULACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO CON LA GESTIÓN DEL RIESGO Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	116
5. LINEAMIENTOS	119
5.1. EL CENTRO URBANO EN EL CONTEXTO DEL BOSQUE SECO TROPICAL ...	120
5.2. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA RESTAURACIÓN DE ÁREAS ENEP ...	122
5.3. SELECCIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS.....	130
5.4. CONECTIVIDAD URBANO-RURAL	142
5.5. ESTRUCTURA ECOLÓGICA URBANA	146
5.6. ÁREAS DEL SISTEMA OROGRÁFICO	158
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
CONCLUSIONES	215

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contribución del Programa de Mejoramiento ODS.....	13
Figura 2. Elementos Constitutivos del Espacio Público.....	36
Figura 3. Localización del Municipio de Cartago.....	42
Figura 4. Contexto Ambiental del Municipio.....	52
Figura 5. Contexto Ambiental de la Cabecera Urbana.....	54
Figura 6. Localización de Áreas ENEP en la Cabecera Urbana.....	57
Figura 7. Áreas ENEP. Sector Noroccidental.....	58
Figura 8. Áreas ENEP. Sector Noroccidental.....	59
Figura 9. Áreas ENEP. Sector Nororiental.....	60
Figura 10. Áreas ENEP. Sector Suroriental.....	61
Figura 11. Áreas ENEP. Sector Suroriental.....	62
Figura 12. Análisis del Tejido Urbano.....	65
Figura 13. Análisis del Tejido Urbano.....	67
Fuente: Documento Técnico de Soporte POT (2018).....	69
Figura 14. Análisis del Espacio Público.....	71
Figura 15. Análisis del Espacio Público.....	72
Figura 16. Localización de las Unidades de Paisaje.....	75
Figura 17. Familias Botánicas Representativas en la Cabecera Urbana.....	90
Figura 18. Distribución Espacial de la Cobertura Arbórea.....	93
Figura 19. Indicador Árboles por Hectárea.....	95
Figura 20. Indicador Árboles por Hectárea en la Vías Principales.....	97
Figura 21. Indicador Habitantes por Árbol (Comuna).....	99
Figura 22. Indicador Habitantes por Árbol (Barrio).....	101
Figura 23. Temperatura en Superficie en la Cabecera Urbana.....	104
Figura 24. Islas de Calor Urbano en la Cabecera Urbana.....	105
Figura 25. Etapas Tempranas de la Sucesión Vegetal.....	125
Figura 27. Conectividad Urbano-Rural – Sector Occidental.....	143
Figura 28. Conectividad Urbano-Rural – Sector Oriental.....	145
Figura 29. Elementos de la Estructura Ecológica Urbana.....	147
Figura 30. Calles Verdes – Propuesta General.....	150
Figura 31. Calles Verdes – Sector Suroriental.....	151
Figura 32. Calles Verdes – Sector Sur.....	152

Figura 33. Calles Verdes - Sector Centro Oriente	153
Figura 34. Calles Verdes – Sector Centro.....	154
Figura 35. Calles Verdes – Sector Sur	155
Figura 36. Calles Verdes – Sector Occidental.....	156
Figura 38. Plantación de Árboles en Zanjas De Infiltración	161
Figura 39. Localización de Áreas ENEP del Sistema Hídrico	163
Figura 40. Diseño Tradicional de Drenaje Urbano. Río Isar, Alemania	165
Figura 41. Diseño Natural de Drenaje Urbano. Quebrada Chesapeake, EE.UU.	165
Figura 42. Integración del Curso de Agua en el Espacio Público.....	166
Figura 43. Zonificación del Área Forestal Protectora.....	168
Figura 44. Calle Local Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	182
Figura 45. Calle Local Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual	183
Figura 46. Calle Local Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto	183
Figura 47. Calle Local Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	184
Figura 48. Calle Local Tipo 2 – Fotografía de la Situación Actual	185
Figura 49. Calle Local Tipo 2 – Fotomontaje del Diseño Propuesto	185
Figura 50. Calle Local Tipo 3 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	186
Figura 51. Calle Local Tipo 3 – Fotografía de la Situación Actual	187
Figura 52. Calle Local Tipo 3 – Fotomontaje del Diseño Propuesto	187
Figura 53. Calle Local Tipo 4 - Axonometría y Sección de Propuesta.....	188
Figura 54. Calle Local Tipo 4 – Fotografía de la Situación Actual	189
Figura 55. Calle Local Tipo 4 – Fotomontaje del Diseño Propuesto	189
Figura 56. Vía Colectora Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta	190
Figura 57. Vía Colectora Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual.....	191
Figura 58. Vía Colectora Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto	191
Figura 59. Vía Colectora Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta	192
Figura 60. Vía Arterial - Axonometría y Sección de Propuesta.....	193
Figura 61. Modelo Conceptual de Drenaje Urbano a Través de SUDS.....	195
Figura 62. Alternativas de Implementación de SUDS en el Espacio Público	201
Figura 63. Procesos del Ciclo del Agua Proporcionados por los SUDS	201
Figura 64. Pavimentos Permeables - Especificaciones Técnicas.....	205
Figura 65. Sistemas de Bioretención - Especificaciones Técnicas.....	207
Figura 66. Sistemas de Infiltración - Especificaciones Técnicas	209
Figura 67. Humedales Artificiales - Especificaciones Técnicas.....	211
Figura 68. Cunetas Verdes - Especificaciones Técnicas	213

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de la Política de Gestión Ambiental Urbana	27
Tabla 2. Indicadores del Índice de Calidad Ambiental Urbana	29
Tabla 3. Marco Jurídico del Espacio Público en Colombia	35
Tabla 4. Metas Regionales Asociadas al Espacio Público	38
Tabla 5. Datos Básicos de Cartago.....	43
Tabla 6. Ecosistemas Presentes en la Cabecera Municipal	47
Tabla 7. Clasificación de las Áreas ENEP en la Cabecera Urbana	56
Tabla 8. Cálculo del Índice de Espacio Público Efectivo.....	68
Tabla 9. Espacios Públicos sin Cuantificación de Áreas.....	68
Tabla 10. Inventario de Espacio Público de Cartago.....	69
Tabla 11. Condición del Arbolado en la Cabecera Urbana	88
Tabla 12. Etapa de Desarrollo de los Individuos Censados	88
Tabla 13. Listado de las 40 Especies más Abundantes en la Cabecera Urbana.....	91
Tabla 14. Indicador Árboles por Hectárea por Comunas	94
Tabla 15. Rangos de Clasificación de la Intensidad de las ICU	102
Tabla 16. Líneas Estratégicas y Objetivos Específicos	108
Tabla 17. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 1	109
Tabla 18. Acciones, Indicadores y Metas del Objetivo Específico 1	110
Tabla 19. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 2	111
Tabla 20. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 3	111
Tabla 21. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 2.....	112
Tabla 22. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 3	113
Tabla 23. Acciones, Indicadores y Metas del Objetivo Específico 5	114
Tabla 24. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 6	115
Tabla 25. Objetivos Específicos, Indicadores y Metas de la Línea Estratégica 3.....	116
Tabla 26. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 7	117

Tabla 27. Acción, Indicador y Metas del Objetivo Específico 8	117
Tabla 28. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m)	133
Tabla 29. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)	134
Tabla 30. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)	135
Tabla 31. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)	136
Tabla 32. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)	137
Tabla 33. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m).....	138
Tabla 34. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m) (continuación).....	139
Tabla 35. Listado de Especies de Talla Alta (15-25 m)	140
Tabla 36. Listado de Especies de Talla Muy Alta (25-65 m).....	141
Tabla 37. Clasificación de Áreas ENEP del Sistema Hídrico.....	162
Tabla 38. Listado de Especies Arbóreas de Talla Baja (3-8 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua.....	171
Tabla 39. Listado de Especies Arbóreas de Talla Media (8-15 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua.....	172
Tabla 40. Listado de Especies Arbóreas de Talla Alta (15-25 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua.....	173
Tabla 41. Listado de Especies Arbóreas Talla Muy Alta (25-65 m) para Áreas Forestales Protectoras de Cursos de Agua.....	174
Tabla 42. Tipologías, Dimensiones y Características de las Calles.....	181
Tabla 43. Líneas Estratégicas y Objetivos Específicos de los SUDS.....	194
Tabla 44. Fuentes de Contaminación Difusa en Áreas Urbanas.....	197
Tabla 45. Beneficios Potenciales en Calidad de Vida de los SUDS	199
Tabla 46. Árboles - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento	202
Tabla 47. Especies de Bosque Seco Tropical con Mayor Escurrimiento Evitado	203
Tabla 48. Especies de Bosque Seco Tropical con Menor Escurrimiento Evitado	203
Tabla 49. Pavimentos Permeables - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento	205
Tabla 50. Sistemas de Bioretención - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento	207
Tabla 51. Sistemas de Infiltración - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento.....	209
Tabla 52. Humedales Artificiales - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento	211
Tabla 53. 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 Cartago. 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 Cartago, al permitir la incorporación de objetivos ambientales en la planificación, diseño y administración 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.I. 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.



Banco de Occidente

Banco de Occidente

Banco de Occidente

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>2 HAMBRE CERO</p> 	<p>Gestión del arbolado urbano frutal. Promoción de la agricultura urbana.</p>
<p>3 SALUD Y BIENESTAR</p> 	<p>Mejoramiento de los servicios ecosistémicos en el espacio público. Promoción de la movilidad activa.</p>
<p>6 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>11 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>13 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>15 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 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 enfocados en la recuperación de nutrientes, agua y energía, promoviendo la economía circular y los sistemas modulares que permiten cerrar ciclos en escalas adecuadas para cada contexto local.

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 (NO₂), partículas finas (PM₁₀) y dióxido de azufre (SO₂).

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 CO₂ 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 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, servicio fundamental considerando que la mayoría de las cabeceras municipales del Departamento se localiza sobre área de recarga del sistema acuífero del Valle del Cauca.

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.

El equilibrio ecológico en las ciudades depende en gran medida de los árboles. 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 y palmas para la biodiversidad urbana es su capacidad para crear corredores verdes y conexiones entre hábitats naturales, lo que permite a las especies de flora y fauna moverse entre ellos y mantener la diversidad biológica en el paisaje urbano.

Árboles y palmas 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
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 del Índice de Calidad Ambiental Urbana
Fuente: MADS, 2021*

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 procedimiento 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

ELEMENTOS NATURALES	ÁREAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DEL SISTEMA OROGRÁFICO	Cerros, montañas, colinas
	ÁREAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO	NATURALES 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
		ARTIFICIALES Diques, presas, represas, embalses, lagos, muelles, puertos, tajamares, rompeolas, escolleras, rondas hídricas, zonas de manejo y protección ambiental
ÁREAS DE ESPECIAL INTERÉS AMBIENTAL, CIENTÍFICO Y PAISAJÍSTICO	Parques naturales, áreas de reserva natural, santuarios de flora y fauna	
ELEMENTOS ARTIFICIALES	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	
ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	COMPONENTES DEL AMOBLAMIENTO URBANO	Mobiliario y señalización
	COMPONENTE DE LA VEGETACIÓN NATURAL E INTERVENIDA	Jardines, arborización y protección del paisaje, tales como: vegetación herbácea o césped, jardines, arbustos, setos, o matorrales, árboles o bosques

Figura 2. Elementos Constitutivos del Espacio Público
Fuente: Adaptado del 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 ² /hab de espacio público efectivo	Todos los municipios cuentan con al menos 11 m ² /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 Cartago

3.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

Cartago está estratégicamente situado en el norte del Valle del Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central. Sus límites geográficos son definidos por importantes cuerpos de agua y vecinos municipales. Al norte, Cartago comparte frontera con el municipio de Pereira, siendo el río La Vieja la línea divisoria natural entre ambos. Hacia el sur, limita con el municipio de Obando. En dirección oriental, Cartago colinda con los municipios de Ulloa, Alcalá y Quimbaya, y nuevamente es el río La Vieja el que actúa como demarcador natural. Finalmente, al occidente, los municipios de Ansermanuevo y Toro se encuentran separados de Cartago por el río Cauca.

El municipio de Cartago destaca por su dinamismo económico, siendo la industria uno de los pilares fundamentales de su economía. No obstante, no se queda atrás el sector financiero y de servicios, que también juegan un papel crucial en el desarrollo económico de la región. En el ámbito agrícola, la producción de caña de azúcar lidera la lista de cultivos en importancia. En cuanto a cultivos transitorios, el maíz tecnificado ocupa el primer lugar, seguido por la soya, que también tiene un papel relevante en la economía agrícola del municipio.

DATOS BÁSICOS DEL MUNICIPIO	
Extensión Total	279 km ²
Extensión área urbana	16.2 km ²
Extensión área rural	816 km ²
Altitud cabecera urbana	973 msnm
Precipitación	2,108 mm/año
Temperatura media	19.7° C
Población Total	134,963 hab. (2019)
Población Urbana	133,087 hab.
Densidad	483,74 hab/km ²

Tabla 5. Datos Básicos de Cartago

3.2. COMPONENTE AMBIENTAL

El municipio de Cartago se encuentra en las cuencas hidrográficas del río La Vieja y la quebrada Obando. La cuenca hidrográfica del río La Vieja forma parte de la denominada Ecorregión del Eje Cafetero. El río La Vieja nace en el páramo de Barragán (departamentos de Quindío, Tolima y Valle del Cauca), a una altura de 3,750 msnm. y desemboca en el río Cauca en el municipio de Cartago a una altitud aproximada de 900 msnm. El río La Vieja es un ecosistema estratégico para Cartago, ya que es la principal y única fuente de suministro de agua para el acueducto de la cabecera urbana.

La mayor parte del municipio de Cartago se asienta sobre la cuenca hidrográfica de la quebrada Obando. Esta quebrada tiene su origen en la serranía situada en la zona oriental del municipio, a una altitud de 1,790 msnm, y finalmente desemboca en el río Cauca a una altitud de 890 msnm. La mencionada serranía se desprende del cuerpo principal de la Cordillera Central en el municipio de Sevilla y se extiende de forma paralela al río Cauca hasta llegar a Cartago. Esta cadena montañosa da origen al río La Vieja, que recoge las aguas provenientes de las zonas altas de la Cordillera Central. En consecuencia, en la zona norte del Valle del Cauca, los afluentes del río Cauca provienen de esta serranía de menor elevación, lo que resulta en cuencas hidrográficas de menor extensión y caudales más reducidos. Entre estos afluentes se encuentra la quebrada Obando.

El municipio se caracteriza por un relieve dividido en dos zonas claramente diferenciadas: la zona plana, que abarca el 52% del territorio, y la zona de ladera, que comprende el 48% restante. La zona plana se extiende por la llanura aluvial de los ríos Cauca y La Vieja, integrando también la cabecera urbana y el sistema de Colinas de Bocajabo, a una altitud promedio de 910 msnm. La zona plana se caracteriza por sus extensos cultivos de caña de azúcar. Además, se observan amplias áreas dedicadas a pastizales que sirven de sustento para el ganado. En menor medida, se pueden encontrar otros cultivos permanentes que diversifican el paisaje agrícola de la región.

La zona de ladera se extiende hasta la serranía de Santa Bárbara, el punto más elevado del municipio, llegando a altitudes de hasta 1600 msnm. Esta región, caracterizada por sus cañones estrechos y escarpados, abarca un área de 10,762.72 hectáreas. De esta extensión, 959.35 hectáreas están cubiertas con guaduales y bosques secundarios. El territorio restante se dedica principalmente a actividades agrícolas y pecuarias, además de albergar diversos núcleos poblacionales.

La cabecera urbana de Cartago se sitúa en la región norte del municipio, en la frontera con el departamento del Quindío. Esta área urbana se extiende sobre la llanura aluvial del río La Vieja, elevándose a una altitud promedio de 917 msnm. Aunque la mayor parte de la cabecera urbana presenta terreno plano, con pendientes suaves que no superan el 3%, hacia el occidente se levanta un rasgo geográfico notable: las Colinas de Bocajabo. Estas formaciones, aunque no son particularmente altas, presentan pendientes que varían entre el 15 y el 25%. Estas colinas, con su presencia imponente, enriquecen y diversifican el paisaje urbano de Cartago, otorgándole una identidad única en la región.

El diseño urbano de Cartago está influenciado por sus características geográficas naturales. Al norte, el río La Vieja actúa como barrera natural, con la ciudad extendiéndose hasta sus orillas, donde se encuentran espacios públicos que ofrecen vistas panorámicas del río. Hacia el este, el desarrollo urbano se aleja del río, debido a la influencia de las Colinas de Bocajabo. Sin embargo, la presión del desarrollo urbano en la parte occidental de Cartago ha llevado a intervenciones significativas en estas colinas. En lugar de adaptarse al paisaje natural, se han realizado modificaciones radicales en el terreno para facilitar la urbanización. Estas acciones han transformado el perfil original de las colinas, alterando su ecología y natural y valor paisajístico.

Al occidente, la vía Panamericana actúa como una arteria principal de comunicación, pero también como una barrera física que limita la expansión urbana en esa dirección. Más allá de esta vía, la serranía que se alza, formando una frontera natural entre el valle geográfico y la Cordillera Central, añade otra capa de restricción al crecimiento de la ciudad en ese sector. Estas elevaciones montañosas no solo presentan desafíos topográficos para la construcción, sino que también albergan ecosistemas frágiles.

La mayor presión de crecimiento urbano se presenta hacia el suroccidente de la cabecera urbana, sobre terrenos dominados por colinas aisladas. Este crecimiento acelerado está llevando a la modificación y, en muchos casos, a la eliminación de estas colinas, con consecuencias tanto ecológicas como paisajísticas.

Finalmente, el perímetro urbano de Cartago se extiende hacia el sur, fusionándose con el corregimiento de Zaragoza, en la cuenca de la quebrada Obando. El Plan de Ordenamiento Territorial de Cartago ha identificado una sección de esta cuenca, específicamente el tramo entre la vía férrea y la Troncal de Occidente, como una zona prometedora para la expansión urbana.

Para Cartago, uno de los determinantes ambientales que mayor efecto tiene sobre la vegetación natural y el arbolado urbano es el origen de sus suelos por la formación Zarzal. La Formación Zarzal está constituida por diatomitas, arcillas y arenas tobáceas (van der Hammen, 1958). Las diatomitas, debido a su alto contenido de sílice, tienen características físicas particulares que pueden influir en la vegetación y en los organismos del suelo. Al estar compuestas principalmente de restos fósiles de diatomeas, tienen una naturaleza abrasiva. Esta característica puede dificultar el crecimiento de raíces de algunas plantas, ya que pueden "cortarse" o dañarse al intentar penetrar en suelos ricos en diatomitas.

Precisamente debido a su naturaleza abrasiva, las diatomitas se han utilizado como un insecticida natural en la agricultura. Al entrar en contacto con insectos y otros pequeños organismos, las diatomitas pueden causar pequeños cortes en sus exoesqueletos, lo que lleva a la deshidratación y eventual muerte de estos organismos. La naturaleza abrasiva del suelo puede dañar las semillas o dificultar su capacidad para establecer raíces firmes.

Adicionalmente, la cabecera urbana de Cartago se asienta sobre la llanura aluvial del río La Vieja, una zona caracterizada por su riqueza en suelos residuales y depósitos aluviales del cuaternario no consolidado. Esta llanura ha sido modelada a lo largo del tiempo por abanicos aluviales recientes y por el depósito de materiales provenientes de quebradas cercanas. Estos suelos enfrentan retos significativos, como la salinidad y la erosión laminar. Las plantas que no están adaptadas a suelos salinos pueden experimentar estrés osmótico, lo que limita su capacidad para absorber agua. Esto puede requerir la selección de plantas tolerantes a la sal o prácticas de manejo del suelo para reducir la salinidad. La erosión laminar puede llevarse consigo nutrientes esenciales, afectando la fertilidad del suelo y, por ende, la vegetación.

Cartago, aunque geográfica y fitogeográficamente cercano al cono fluvio-volcánico del Quindío, presenta características edáficas distintas. Esta composición particular del suelo tiene implicaciones directas en la vegetación de la región. Especies arbóreas como las ceibas y otras malváceas, comunes en el arbolado urbano de Cartago, muestran limitaciones en su crecimiento, alcanzando tallas menores y mostrando menos vigor en comparación con sus contrapartes en regiones con suelos más fértiles. Estas limitaciones podrían estar relacionadas con deficiencias de nutrientes esenciales como el calcio, fósforo y potasio. Por lo tanto, es crucial considerar estas características del suelo al planificar y gestionar el arbolado y la vegetación urbana en Cartago.

Ecosistemas

La cabecera urbana de Cartago se encuentra dentro de tres biomas: Zonobioma Alternohígrico Tropical del Valle del Cauca, Helobioma del Valle del Cauca y Orobioma Bajo de los Andes, a los cuales corresponden los siguientes ecosistemas (CVC, 2019).

ECOSISTEMAS CABECERA URBANA	Kms ²	%
Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre	1,448.33	68.3%
Bosque cálido seco en planicie aluvial	525.29	24.8%
Bosque cálido seco en piedemonte aluvial	135.34	6.4%
Arbustales y matorrales medio seco en lomerío estructural-erosional	10.3	0.5%

Tabla 6. Ecosistemas Presentes en la Cabecera Municipal

Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre

Se localiza en un rango altitudinal entre 900 a 1.000 msnm, con temperatura promedio de 28 °C y precipitación media entre 1.200 a 2.000 mm/año, con régimen pluviométrico bimodal. La composición geomorfológica está dada por un sistema de lomas y colinas bajas y medias, con laderas de longitud media (50 a 100 m) y forma recta, con cimas de formas convexas y longitud corta. Se reconocen además depósitos aluviales con formas de valles y terrazas. Los suelos son bien drenados, superficiales a moderadamente profundos limitados por compactación de arcilla, la vegetación natural está representada por especies de espino (*Duranta mutisii*), totocal, uña de gato (*Zantoxylum fagara*), guásimo (*Guazuma ulmifolia*), chiminango, matarratón (*Gliricidia sepium*), Doncello (*Zanthoxylum spp.*) y Ceiba (*Ceiba pentandra*). (CVC – Funagua, 2010).

Bosque Cálido Seco en Planicie Aluvial

Se localiza en un rango altitudinal entre 900 y 950 msnm, con temperatura promedio mayor a 24°C y precipitación entre 900 y 1.500 mm/año, con régimen pluviométrico bimodal. Definido sobre la llanura aluvial del río Cauca, configurada por una variación de geoformas aluviales propias de ríos de tipo meándrico como el río Cauca las cuales corresponden a cubetas de desborde, cubetas de decantación, albardones, orillares, meandros abandonados, planos de terraza y vegas altas, estas geoformas modelan un relieve plano. La composición de los sedimentos aluviales son arenas, limos y arcillas principalmente. Los suelos se han desarrollado en aluviones finos; son pobremente drenados, muy superficiales, limitados por el nivel freático, moderadamente ácidos, de fertilidad alta y se encuentran artificialmente drenados. (CVC – Funagua, 2010)

Bosque cálido seco en piedemonte aluvial

Se encuentra en un rango altitudinal entre los 950 y los 1.020 msnm, con una temperatura media de 28°C y precipitación estimada entre 900 a 1.350 mm/año, con régimen pluviométrico bimodal. Corresponde a la llanura aluvial de piedemonte, definida por abanicos y conos aluviales formados por la actividad depositacional de los principales ríos que drenan al río Cauca cuando encuentran el cambio de pendiente. De manera general se presenta un relieve de forma plana, con gran amplitud en el sector oriental del ecosistema. Sus suelos con alta fertilidad han sido formados por los afluentes del río Cauca que, cargados de sedimentos, emergen de las cordilleras. (CVC – Funagua, 2010).

Arbustales y Matorrales Medio Seco en Lomerío Estructural-Erosional

Se encuentra localizado principalmente en la zona plana del flanco occidental de la cordillera central, entre los 950 y 1.200 msnm, con una temperatura promedio entre 18°C y 24°C y precipitación media de 1.500 mm/año, con régimen pluviométrico bimodal. La geomorfología corresponde a un sistema de lomerío, en el cual sobresale un relieve de cuevas y crestones homoclinales moderadamente escarpado, con pendientes entre 50 y 75%. Los suelos son bien drenados, algunos moderadamente excesivos, superficiales limitados por fragmentos de roca en el suelo, texturas medias a finas y alta fertilidad. La vegetación ha sido altamente intervenida, encontrándose sólo algunas especies de Guácimo, sietecueros (*Machaerium capote*), matarratón, chiminango, piñon (*Jatropha curcas*), dinde (*Maclura tinctoria*).

ESTRUCTURA ECOLÓGICA MUNICIPAL

Sistema Hídrico

La zona rural del territorio municipal se enmarca en un 92% por el sistema hídrico del río Cauca y de La Vieja, las quebradas Aguas Claras, Resplandores y Cruces. Además, tiene un cauce abandonado denominado Madre Vieja el Badeal; hace parte el sistema orográfico del Piedemonte de la Cordillera Central Vertiente Occidental, la llanura aluvial del río Cauca y el sistema de colinas Bocajabo; la quebrada Lavapatás, nace en zona rural, en cercanías al predio denominado la Siberia, cerca de la vía Cartago – Alcalá y cruza la ciudad de este a occidente hasta tributar al río Obando, siendo una de las fuentes hídricas estratégicas en la conectividad ecológica para el municipio (DNP, 2021).

Río Cauca

Se considera un Ecosistema Estratégico por ser común con otros municipios, su potencial hídrico, fuente de agua para riego en la agricultura, medio de transporte de los habitantes que viven cerca de su cauce y para el desarrollo del Distrito Agrotecnológico. Para lograr este propósito se debe mitigar la contaminación que recibe el río antes de su paso por el municipio. Mejorar la calidad del agua de la quebrada urbana Lavapatás y de los canales que atraviesan la zona urbana (DNP, 2021).

Río La Vieja

En la clasificación del territorio municipal, al río de La Vieja se le considera como Ecosistema Estratégico, por ser la única fuente que abastece de agua a la planta de tratamiento del acueducto municipal de Cartago. Cartago cuenta con 10.691 hectáreas dentro de la cuenca lo que representa un 3,71%, en esta medida el municipio no se encuentra dentro de las áreas protegidas del SINAP, pero si se han priorizado áreas para la protección y restauración ecológica establecidas en la zonificación ambiental del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja (DNP, 2021).

Humedales y Lagunas

La Madre vieja Zapata, formada por la dinámica hídrica del río de La Vieja cuando abandonó su cauce, cumple la función de ser un ecosistema apropiado para la reproducción de especies acuáticas y amortiguar la creciente del río y evitar su desbordamiento. Este ecosistema recibe las aguas residuales domésticas de varios barrios asentados en sus alrededores. La Madre vieja presenta actividades ilegales de relleno con escombros y depósito de residuos sólidos (DNP, 2021).

Otro humedal urbano de 3.500 m², formado por aguas freáticas, de escorrentía de las colinas y los derrames de la quebrada Lavapatás, que se encuentran en el lote del municipio denominado “Parque de la Salud-El Samán”, es un ecosistema que sirve de refugio a especies de avifauna como iguazas, pollas de agua, garza blanca, ibis negro, Martín pescador, guarazapos entre otros y las especies vegetales acuáticas flotantes están representadas por buchón de agua, lechuguilla, lotos y algunos juncos como especies de humedales. Además de tener importantes humedales, asociados a especies endémicas como es la Palma de Corozo de Puerco en Potrero Chico que sirven de hábitats a especies silvestres nativas y migratorias (DNP, 2021).

Áreas Protegidas y Estrategias Complementarias de Conservación Urbanas

Para el caso particular de la zona urbana de Cartago, no existen áreas protegidas declaradas, pero se cuenta con las siguientes estrategias complementarias de acuerdo con lo definido por el MADS. El parque ecológico Humedal El Samán se encuentra localizado en el área urbana (comuna cuatro) de Cartago, junto al Zanjón Lavapatás que transporta las aguas de la quebrada Los Chorros y otros impluvios del sector urbano y su vecindario más próximo está constituido por los barrios Juan XXIII y El Samán. Su extensión total es de 32.283 m², un perímetro de 1.005 m y una zona protectora sobre el Zanjón Lavapatás de 3.438 m² (CVC – Ecoambiental, 2007).

La Madre Vieja la Zapata se encuentra localizada entre los barrios Los Cábmulos y Guayacanes, perímetro urbano del municipio de Cartago. Cuenta con un área de 27,5 has que incluye el espejo de agua y la vegetación adyacente (CVC – Proagua, 2010). Estas áreas hacen parte de los suelos de protección natural urbanos dentro de la categoría de áreas de alta fragilidad ecológica, dentro de las cuales se incluyen:

Dentro de los suelos de protección se incluyeron las áreas de equipamientos con valor ambiental, como lugares de carácter público o privado que por la presencia de la flora adquieren un valor importante para el municipio. Dentro de esta categoría se encuentran:

- Seminario Mayor y Menor y el Monasterio
- El Colegio Santa María
- El Jardín Botánico del Ciprés
- El Centro Recreacional de Comfamiliar
- Club Campestre
- Club Telecom
- Acuaparque
- Puerto Asís (Jardín Infantil Cascabeles y Colores)
- Bosque Municipal

Las estrategias complementarias de conservación existentes en el municipio, representan el 0,30% del total del área urbana. Cartago no cuenta con Sistema Municipal de Áreas Protegidas – SIMAP formulado.

Colinas de Bocajabo

Las Colinas de Bocajabo son elementos distintivos del paisaje que se caracterizan por variaciones topográficas y son reconocidas en el municipio como lugares que permiten el disfrute visual, estético o recreativo. Los usos principales de estas colinas son la conservación y la restauración ecológica, mientras que los usos compatibles incluyen la recreación pasiva, la educación ambiental y la investigación. Sin embargo, existen ciertos usos condicionados, tales como prácticas agrícolas o ganaderas, vivienda e infraestructura preexistente, construcción de infraestructura para el desarrollo de los usos principales y compatibles. Por otro lado, se prohíben los usos no contemplados explícitamente en las categorías principales, compatibles o condicionadas, incluyendo la minería y la construcción de nuevas edificaciones de cualquier tipo.

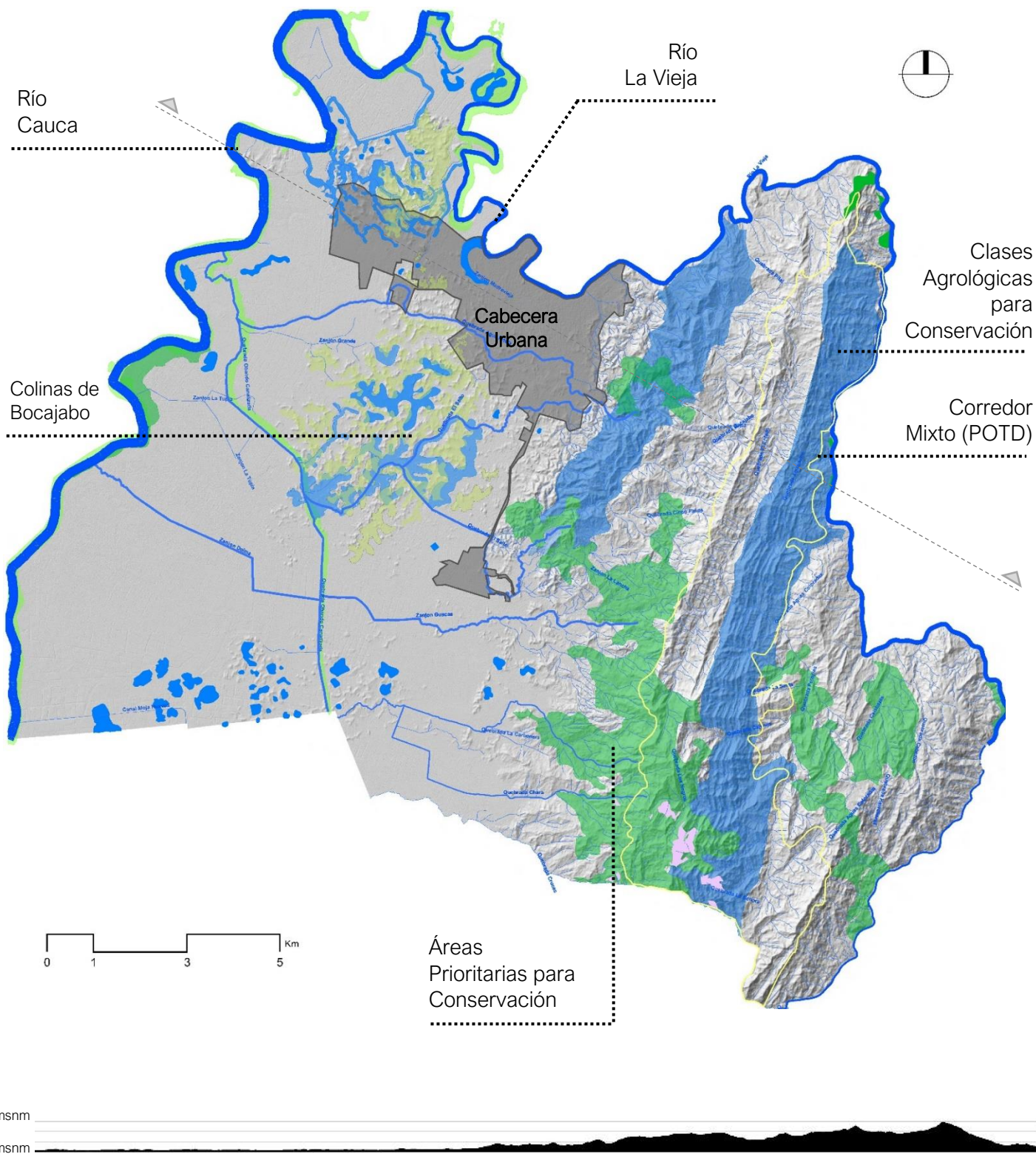


Figura 4. Contexto Ambiental del Municipio

Humedal El Samán- Análisis de Vegetación

En el humedal El Samán se observa *Erythrina fusca* como árbol central. La presencia de las garzas afecta el humedal por el exceso de compuestos nitrogenados resultantes de sus excrementos. La proliferación de organismos fotosintéticos en la superficie del agua se debe a la alta disponibilidad de nutrientes, en particular de fosfatos. *Anhima cornuta*, suele forrajear en árboles de humedales que por su carácter fijador de nitrógeno deben contener altos contenidos de proteínas en frutos y flores, que suelen ser parte de su alimentación, entre los que se encuentran, entre las que se encuentran varios géneros de leguminosas, como *Erythrina glauca*, *E. poeppigiana*, *Inga spuria*, *Pithecellobium lanceolatum* entre otras fuentes de alimentación que se han suprimido en los humedales del valle geográfico del Cauca.

La vegetación sembrada en sus márgenes no es vegetación de humedales, debido a la forma como se producen taludes con alta pendiente. *Senna reticulata*, *Erythrina fusca* son especies de humedal, pero está presente el Chiminango (*Pithecellobium dulce*) de zonas secas y subxerofíticas. En el humedal se observa *Cyperus papyrus* (Papiro) procedente de los humedales del Nilo, al frente *Mimosa pigra* (Zarza de pantano). Ambas especies están creciendo en una zona con baja pendiente, que permite su establecimiento. El papiro es una especie no nativa del Valle del Cauca. En áreas periféricas del espejo de agua, aparece *Leucaena leucocephala*, que no corresponde al ecosistema, pero puede soportar las arcillas expansivas de la zona. Áreas con rellenos, tal vez como Jarillón.

Al fondo estrechamiento del área de drenaje del humedal El Samán. Se observa *Ficus bejamina* variegado (especie introducida y cultivada). Se observa también *Erythrina fusca*, *Pithecellobium lanceolatum* como única vegetación arbórea de humedales. Al tener los taludes en alta pendiente, no se permite el establecimiento de vegetación de humedales herbácea. Los humedales requieren de la presencia de árboles de percha y anidación de los anátidos *Dendrocygna viduata*, *D. bicolor* y *D. autumnalis*, cuyo nombre hace referencia literal a cisnes de los árboles por la costumbre que anteriormente llevaba a estas especies de anidar en oquedades de árboles. Dada la escasez de sitios de anidación, disminución de los guaduales (uno de los puntos de dormida y anidación predilectos) han cambiado su estrategia anidando entre las hierbas altas de los márgenes con evidente mayor riesgo de predación.

Madreviejas
Badeal y
La Culebrera

Colinas de
Bocajabo

Zanjón
Santa Ana

Madrevieja
Zapata

Aeropuerto
Santa Ana

Zanjón
Grande

Colinas de
Bocajabo

Zonas
Inundables
Bocajabo

Quebrada
Obando



Río La Vieja

**Cabecera
Urbana**

Quebrada
Agua Prieta

Suelos de
Valor Agrícola

Áreas de
Conservación
De Bosque

Zanjón
Guacas

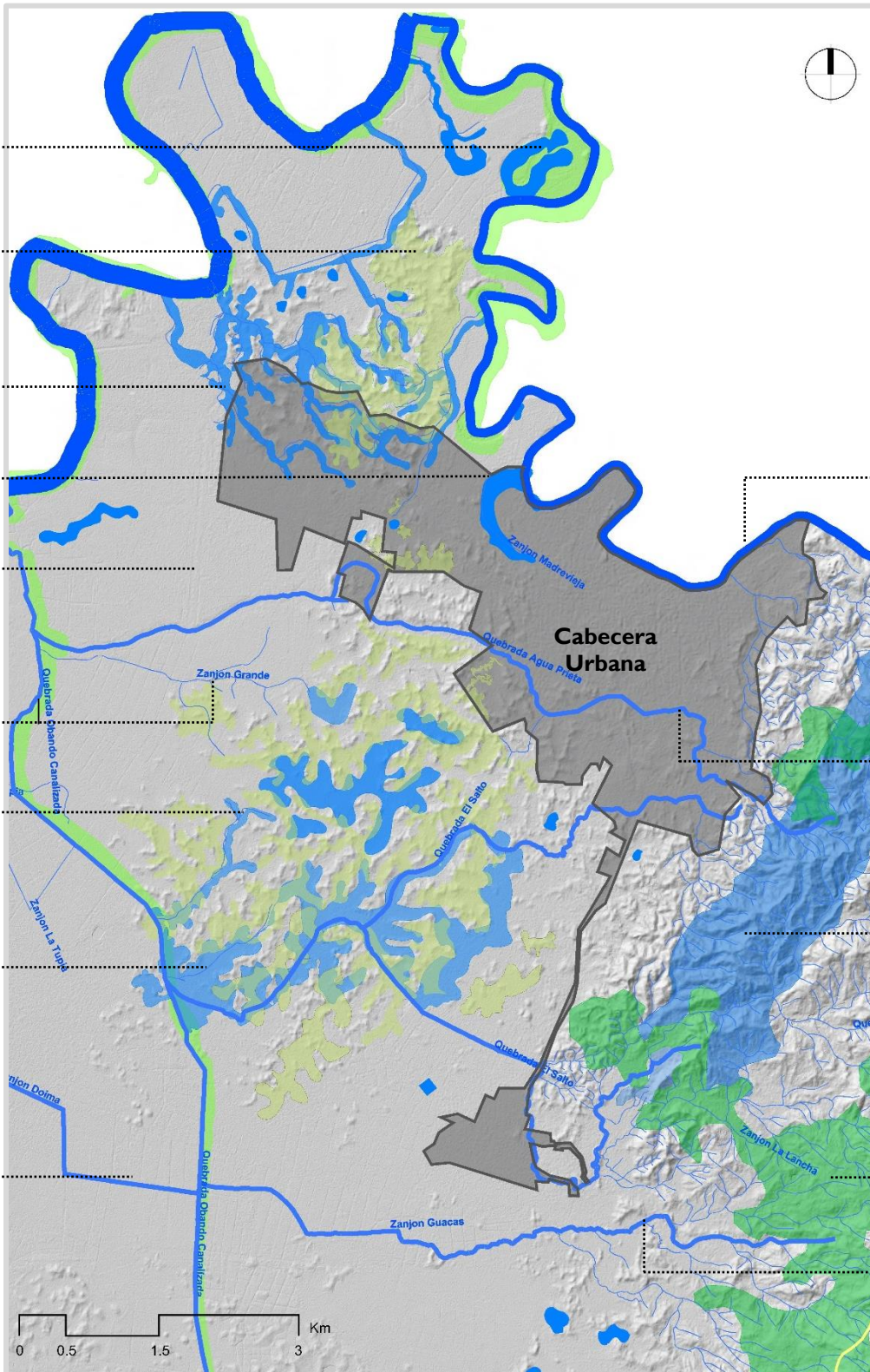


Figura 5. Contexto Ambiental de la Cabecera Urbana



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 Cartago (CVC, 2019), se identificaron las áreas de Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) pertenecientes a las franjas protectoras de rondas hídricas, humedales y áreas del sistema colinado de Bocajabo dentro del perímetro urbano. 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 Tabla 7. En la Figura 6 se presenta la localización de áreas ENEP en la cabecera urbana. En las Figuras 6-11 se detalla la clasificación según el estado de los ENEP: preservación (amarillo), restauración (azul), construido (rojo).

ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO (ENEP)	ÁREAS (ha)			
	TOTAL	PRESERVACIÓN	RESTAURACIÓN	CONSTRUIDO
Colinas de Bocajabo	65.44	13.07	24.92	27.45
Quebrada Agua Prieta	12.12	10.55	0.33	1.24
Zanjón Santa Ana	9.65	4.21	5.44	0
Zanjón Caracolí	6.04	2.92	1.22	1.9
Madrevieja Zapata	5.6	5.6	0	0
Río La Vieja	5.29	4.53	0	0.76
Zanjón El Herrero	4.66	3.88	0.35	0.43
Zanjón Ortés	1.49	1.49	0	0
TOTAL AREAS ENEP	110.29	46.25	32.26	31.78
PORCENTAJES	100%	42%	29%	29%

Tabla 7. Clasificación de las Áreas ENEP en la Cabecera Urbana

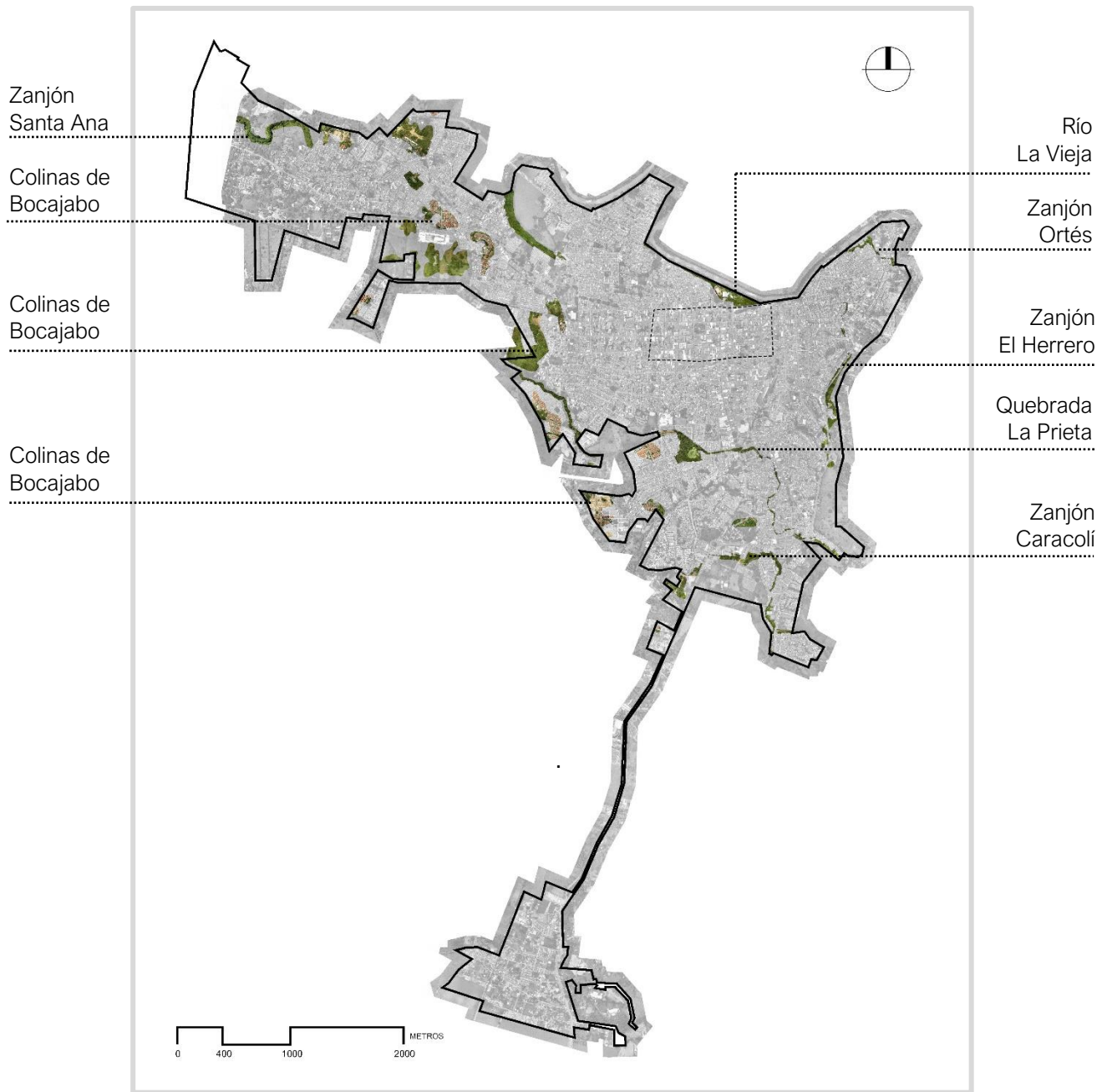


Figura 6. Localización de Áreas ENEP en la Cabecera Urbana

1. Zanjón Santa Ana



2. Colinas de Bocajabo



3. Colinas de Bocajabo

Figura 7. Áreas ENEP. Sector Noroccidental

Colinas de Bocajabo



Madrevieja Zapata



Localización

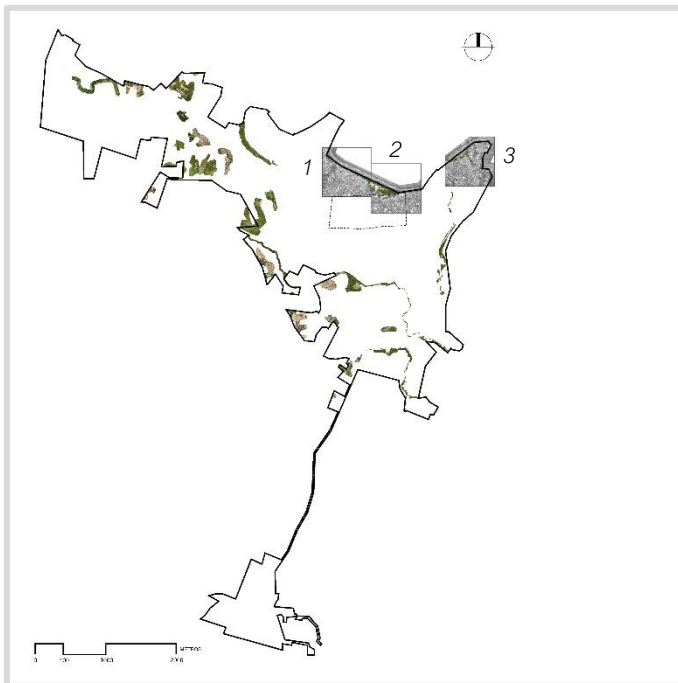


Colinas de Bocajabo

Figura 8. Áreas ENEP. Sector Noroccidental

1. Río La Vieja

2. Río La Vieja



Localización

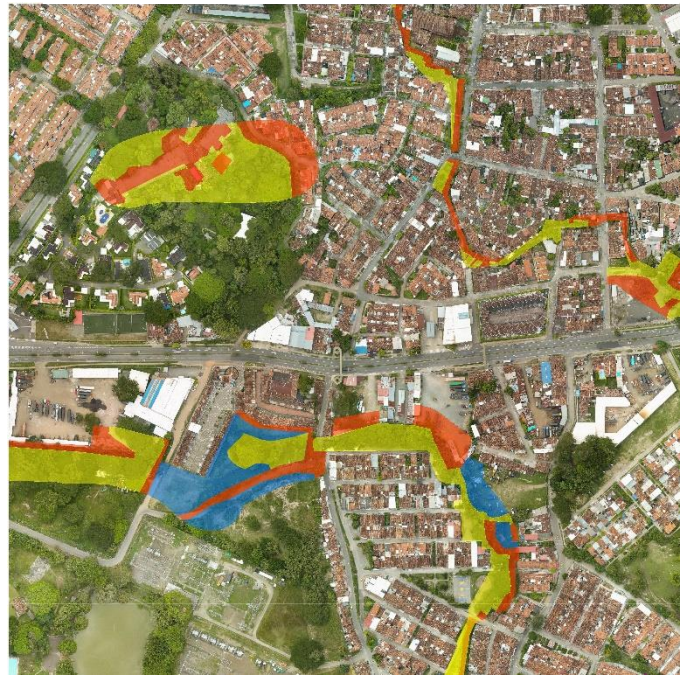
3. Zanjón Ortés

Figura 9. Áreas ENEP. Sector Nororiental

1. Zanjón El Herrero



2. Colinas de Bocajabo y Quebrada Agua Prieta



Localización

3. Zanjón Caracolí



Figura 10. Áreas ENEP. Sector Suroriental

1. Colinas de Bocajabo y Quebrada La Prieta



2. Colinas de Bocajabo y Quebrada La Prieta



Sector Centro. Centro Histórico



3. Colinas de Bocajabo y Zanjón Caracolí

Figura 11. Áreas ENEP. Sector Suroriental



3.3. COMPONENTE URBANO

La cabecera urbana de Cartago se localiza sobre un terreno plano en cercanías al río La Vieja, límite departamental entre el Valle del Cauca y Risaralda. Su casco fundacional fue reconocido por Ley Nacional No. 163 de 1959 como Centro Histórico. El núcleo fundacional de Cartago se consolida entre las calles 3 y 13 y las carreras 3 y 7, con manzanas cuadradas de dimensiones cercanas a los 100 metros de lado. Su crecimiento se da por adición de las mismas, conservando su tamaño y prolongando las calles en ambos sentidos.

Esta forma de crecimiento se sostiene prácticamente hasta fines de la década del 1930. Posteriormente la trama inicial se deforma debido a la existencia de pequeñas elevaciones del terreno hacia el sur-oriente (Colinas de Bocajabo), por las irregularidades del curso del río La Vieja (que en momentos inundaba parte de los terrenos inmediatos al casco central) y por el trazado en diagonal de la aproximación de la vía férrea a la Estación del Ferrocarril al sur-oeste.

Entre 1938 y 1960, se llevaron a cabo importantes cambios en el entorno urbano de la ciudad. En primer lugar, se llevó a cabo la recuperación de terrenos inundables a lo largo del río La Vieja, al norte de la carrera 3. Además, se creó el parque de La Isleta, que se integró con el resto de la trama del centro de la ciudad. En segundo lugar, se produjeron cambios significativos en la estructura de las manzanas, con un proceso gradual de densificación debido a la reducción del tamaño de los lotes. Esta transformación interna de las propiedades contribuyó a una mayor concentración de la población en estas áreas. Por último, se consolidó la carrera 7 como una avenida importante que se extendía de este a oeste, culminando en las proximidades de la terminal del ferrocarril. Esta avenida se convirtió en un eje vial fundamental, facilitando el flujo de tráfico y conectando diferentes partes de la ciudad.

Para 1972, se observaron nuevos desarrollos urbanos al norte de la carrera 3, entre las calles 4 y el cementerio. En esta zona, se estableció una trama vial reticular, aunque con cierta irregularidad, ya que se abandonó el patrón regular de las manzanas. Surgieron urbanizaciones con una trama irregular, donde las manzanas tendían a ser de forma regular, pero los espacios de cesión se convirtieron en elementos residuales que se adaptaban al trazado existente. Además de esta forma de crecimiento urbano, también se observó la prolongación del desarrollo hacia las vías que conducen a Zarzal y Tuluá. Esto implicó una expansión de la ciudad a lo largo de estas vías, con el establecimiento de nuevos asentamientos y la incorporación de terrenos adicionales al tejido urbano.

1. Sector Centro Histórico



2. Sector Estación del Ferrocarril



Localización



3. Sector Universidad del Valle

Figura 12. Análisis del Tejido Urbano

En la actualidad, el desarrollo urbano se extiende hacia el este del aeropuerto, y se encuentra separado por una franja de asentamientos de baja densidad, conocidos como parcelaciones. En dirección norte, el río La Vieja sigue desempeñando un papel como límite o barrera natural de la ciudad. La conexión entre la ciudad y el departamento de Risaralda se realiza a través de la vía Cartago-Pereira. Al otro lado del río, en el departamento vecino, se encuentra un pequeño asentamiento llamado Puerto Caldas, el cual tiene un carácter residencial e industrial y se beneficia también de la conectividad ferroviaria.

Hacia el sector sur, se pueden identificar dos tipos de expansión urbana. El primero está directamente vinculado al núcleo desarrollado de la ciudad, presentando una trama vial reticular irregular. En esta zona, las manzanas experimentan una transformación de su forma rectangular a una forma más lineal, con un loteo uniforme. Las irregularidades del tejido urbano son absorbidas por los límites de las manzanas o las diferencias en el trazado de las calles. El segundo tipo de expansión se observa a través de la anexión del casco desarrollado del corregimiento de Zaragoza al área urbana de Cartago, bajo la categoría de sector urbano, que no está especificado como comuna. En este caso, el tejido urbano se define a partir de un asentamiento original que surge a partir de una retícula.

En conclusión, el tejido urbano de Cartago ha experimentado diversas transformaciones a lo largo del tiempo. Desde las importantes recuperaciones de terrenos inundables en el pasado, hasta el desarrollo de nuevos sectores y expansiones recientes, la ciudad ha evolucionado en su estructura urbana. Se ha observado una combinación de tramas viales reticulares regulares e irregulares, con adaptaciones en la forma y distribución de las manzanas. La densificación del tejido urbano se ha manifestado en la reducción del tamaño de los lotes y la aparición de diferentes tipos de asentamientos.

Además, el río La Vieja ha desempeñado un papel destacado como un borde o barrera natural de la ciudad, definiendo su límite en ciertas áreas. La conectividad vial y ferroviaria ha sido aprovechada para establecer vínculos con otros departamentos y asentamientos cercanos. El tejido urbano de Cartago es el resultado de un proceso dinámico de desarrollo y crecimiento a lo largo del tiempo. Ha experimentado cambios en su trama vial, densidad y expansión, adaptándose a las necesidades y demandas de la población. El río La Vieja y las conexiones viales han dejado su huella en la configuración urbana de la ciudad.

1. Sector Comuna 7



2. Sector Madre Vieja Zapata



Localización



3. Sector Río La Vieja

Figura 13. Análisis del Tejido Urbano

Análisis del Espacio Público

La cabecera urbana de Cartago presenta un déficit de espacio público efectivo de 13.3 m² por habitante, de acuerdo a la información recolectada del Documento Técnico de Soporte, Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Cartago (2021). En la Tabla XX se presenta el inventario de espacios públicos del área urbana. El cálculo del índice de espacio público efectivo se realizó con la información que se presenta en la Tabla XX. En la Tabla XX se presenta el listado de espacios públicos sin cuantificación de áreas.

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESPACIO PÚBLICO EFECTIVO	
Población proyectada área urbana Cartago 2021 según DANE	138.042
Espacio público efectivo área urbana	224.800 m ²
Índice de Espacio Público	1.7 m ² por habitante
Índice requerido (Decreto 1077 de 2015)	15 m ² por habitante
Déficit de Espacio Público	13.3 m ² por habitante

Tabla 8. Cálculo del Índice de Espacio Público Efectivo
Fuente: Documento Técnico de Soporte, Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Cartago (2021)

ESPACIO PÚBLICO SIN INFORMACIÓN DE ÁREAS	
Barrio Santa Ana Norte	Aeropuerto Circunvalar
Barrio Incavi	Sector Arenera
Barrio Primero de Mayo	Estadio
Parque Empresarial e Industrial	Calle 20-CAI de Aeropuerto
Plaza de Ferias	CAI Aeropuerto-Cámbulos calle 21

Tabla 9. Espacios Públicos sin Cuantificación de Áreas
Fuente: Documento Técnico de Soporte, Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Cartago (2021)

NOMBRE DEL ESPACIO PÚBLICO	ÁREA (m ²)	NOMBRE DEL ESPACIO PÚBLICO	ÁREA (m ²)
De Bolívar – Simón Bolívar	7.854	San Carlos	150
San Francisco – Fco. de Paula Santander	900	San Gabriel	260
De Guadalupe – Ntra. Sra. de Guadalupe	1.050	Los Chorros	120
De los brujos – Lucas Arana Yusti	750	Frente al Parque Lineal	110
De La isleta	25.000	San Pablo	85
San Jerónimo	3.185	Alberto Quintero Herrera	45
Los Alamos	1.800	Guayabal	120
Santa María	4.000	Orilla Rio La Vieja - B/Guayacanes	60.000
Cuerpo de Bomberos	900	Barrio el Rosario	2.300
Entre Rios, Villa Elena, Santa Lucia	5.460	Barrio Las Colinas	7.000
Mariscal Robledo	1.725	Centro de Integración CIP	3.400
Lineal “Los Samanes”	12.000	Loma del Palatino	6.000
La Floresta	1.050	Ciudad Jardín	2.000
San Nicolás	1.100	Barrio Ciprés Alto	10.000
Jorge Eliécer Gaitán (la estación)	3.000	Barrio los Conquistadores	840
Bello Horizonte	500	Barrio Juan XXIII	1.000
Brisas del Rio	1.000	Recuperación Orilla del Rio	11.500
Los Cámbulos	2.500	Zona Verde del Rio Villa Elena	400
Empresas Municipales	1.500	Zona Verde Capilla Villa Elena	450
EL CAM	4.200	Zona Verde orilla del Rio, Monteverde, María Inmaculada v Jardín Infantil Villa Elena	2.300
Federación de Cafeteros	1.200	Guayacanes Orilla del Rio	7.460
Guayacanes	620	Prado Verde	456
La Castellana	900	Parque Los Alcázares	1.300
La Trinidad	850	Cancha de Básquetbol Guayabal	350
Santa Ana	4.500	Parque y Zona Verde Torre la Vega	4.500
Zaragoza	4.500	Plazoleta Villa Juliana	3.360
La 20	1.200		
La Española	1.000		
Club del Rio	1.200		
Ecológico Clínica del Norte	12.000		

*Tabla 10. Inventario de Espacio Público de Cartago
Fuente: Documento Técnico de Soporte POT (2018)*

Plaza de Bolívar

Es la plaza principal de la ciudad y generatriz del tejido urbano. Si bien el espacio propiamente dicho no ha tenido intervenciones en su tamaño y forma en el tiempo, su entorno arquitectónico ha sufrido un proceso de transformación hacia edificaciones modernas y contemporáneas. La persistencia más importante es el Templo de San Jorge, que sigue siendo la edificación principal de la plaza.

Plazoleta de Santander

Localizada en la intersección de la calle 10 con carrera 4ª, costado noroccidental. Su importancia está dada por la presencia jerárquica del Templo de San Francisco y el antiguo Colegio Académico, ambos hitos arquitectónicos del centro histórico.

Plazoleta de Guadalupe

Esta plazoleta localizada en la calle 8a con carrera 4a, esquina suroccidental; da frente con la Iglesia de Guadalupe. Está paramentada por arquitectura residencial moderna al igual que su tratamiento de pisos y jardines.

Parque Gaitán o de la Estación

Este parque surge como una forma de articulación con el resto de la estructura urbana de la Estación del Ferrocarril. De forma irregular, con el tratamiento de las calzadas viales que lo limitan, dificultan la lectura de su espacialidad.

Parque de la Isleta

Localizado en el centro- norte de la ciudad, sobre la margen sur del Río La Vieja. Inicialmente, tiene tratamiento de parque que surge a impulsos del modelo urbano republicano que valoró el espacio y aprovechamiento de los ríos, en las grandes poblaciones del Valle del Cauca en la década de 1930. Es el más grande de la ciudad, también conocido como el Club del Río, por su forma lineal y tamaño. Por su arborización es un pulmón natural y sitio de eventos deportivos y culturales.

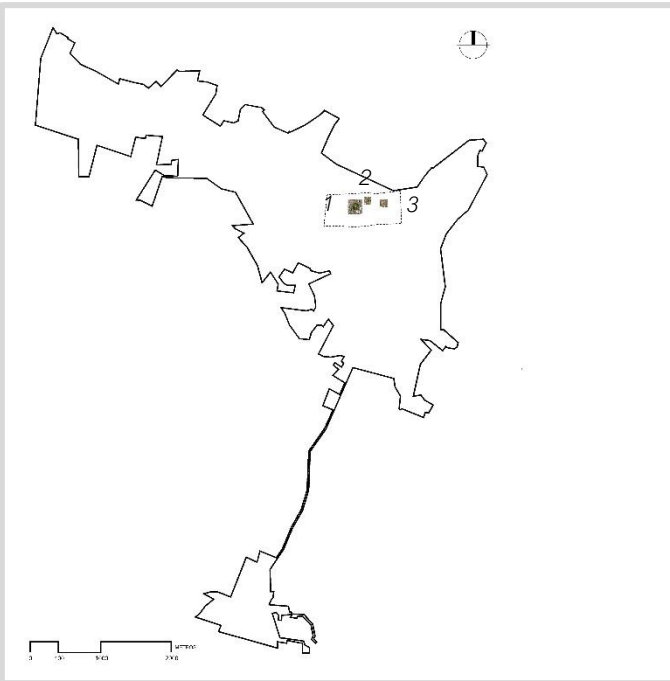
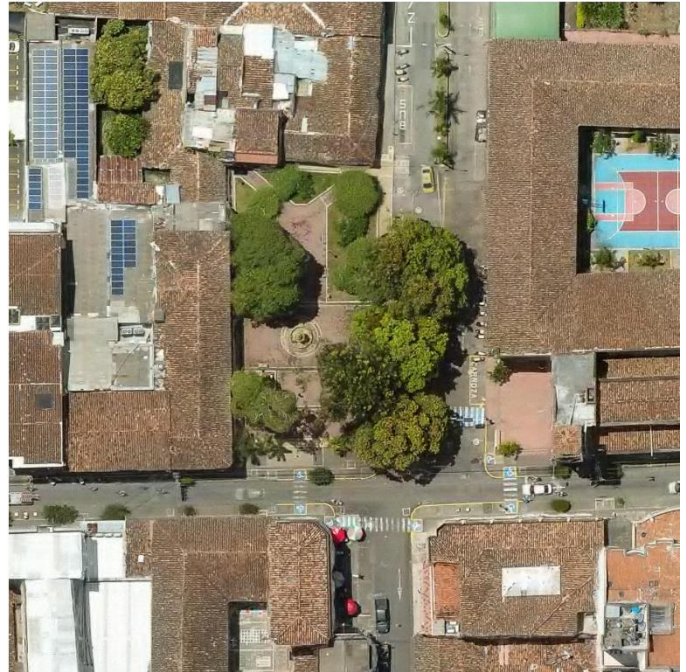
Parque Ecológico Humedal El Samán

Se encuentra localizado en la comuna cuatro, junto a la Quebrada Agua Prieta (también llamada Zanjón Lavapatas). Su extensión es de 3,2 hectáreas. En la Figura 16 se presenta la ubicación espacial del humedal. Este parque ecológico cuenta con Plan de Manejo Ambiental formulado.

1. Parque de Bolívar



2. Plazoleta de Santander



Localización



3. Plazoleta de Guadalupe

Figura 14. Análisis del Espacio Público

1. Parque La Isleta



2. Parque Humedal El Samán



Parque Ricaurte



3. Parque de La Estación

Figura 15. Análisis del Espacio Público



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 Cartago 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 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 16 se muestran las unidades de paisaje identificadas, seguidas por los resultados del análisis de paisaje.

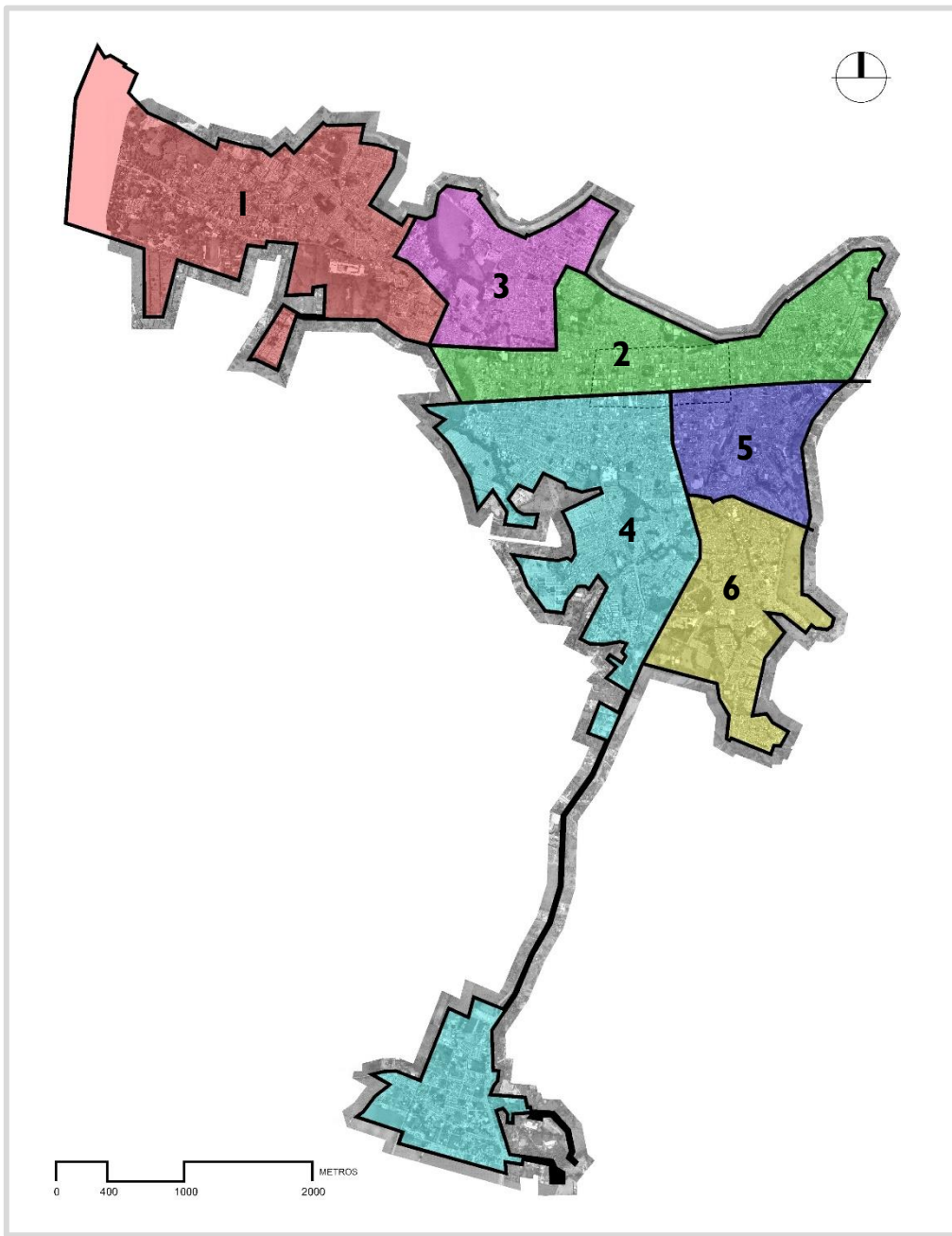


Figura 16. Localización de las Unidades de Paisaje

Unidad de Paisaje 1

Residencial Norte

Esta unidad de paisaje presenta un relieve dinámico definido por presencia del sistema de Colinas de Bocajabo, el cual es determinante de la morfología urbana y las visuales cercanas y lejanas del territorio. Presenta una temperatura promedio de 28°C, vientos provenientes del occidente y un asoleamiento controlado por la vegetación de alto porte (Samanes) presente en las vías.

El eje vial principal se distingue por la abundante presencia de Samanes, que se erigen como los protagonistas del paisaje, otorgando una identidad única a la unidad paisajística. En los antejardines, es común encontrar especies como el Caucho Benjamín y los Ébanos, que añaden diversidad y riqueza al entorno. A pesar de que las calles presentan una arborización limitada y están dominadas por superficies duras, los Ébanos se hacen presentes, aportando uniformidad al paisaje urbano. Las zonas blandas, por su parte, están revestidas principalmente de grama, proporcionando un contraste natural con las áreas pavimentadas.

Los andenes en ocasiones se ven interrumpidos y desplazados por la presencia de árboles, especialmente los Samanes. Estos árboles, con sus extensas y robustas raíces, provocan el deterioro del pavimento, generando áreas blandas que intercalan con el concreto, y evidenciando la interacción constante entre el entorno natural y el construido.

En la arquitectura predominan las viviendas de uno y dos pisos que reflejan una estética tradicional y acogedora. El ladrillo, la teja de barro y los tonos claros y ocres son los protagonistas de sus fachadas, aportando calidez al entorno urbano. Esta paleta de colores y materiales contrasta con el concreto predominante en las vías y andenes del espacio público. Entre los puntos de interés más relevantes se encuentran el aeropuerto Santa Ana, el polideportivo Luis Carlos Galán y, especialmente, el Centro Comercial Nuestro Cartago. Este último, debido a su gran escala, se ha convertido en un punto de encuentro y referencia para todo el municipio.

Los majestuosos samanes los que capturan la mirada y se erigen como íconos del paisaje. Su presencia no solo embellece el entorno, sino que también ofrece una perspectiva visual abierta, convirtiéndose en puntos de referencia visuales desde diferentes ángulos de la unidad paisajística.



Unidad de Paisaje 2

Centro Histórico

Esta unidad de paisaje se caracteriza por su relieve plano y una temperatura promedio de 28°C, con vientos predominantes provenientes del occidente. Durante las tardes, el sol se percibe con intensidad en las fachadas de los edificios, a excepción de las áreas arborizadas como los parques. En estos parques, se puede apreciar una variada vegetación agrupada en todos los estratos. En el Parque Bolívar, destacan árboles longevos de gran tamaño como el Samán, la Ceiba, la Acacia roja y el Camajón, así como otras especies de porte y copa como la Palma Zancona, la Palma Washingtonia, el Ébano, el Mango, con áreas de grama donde permite el sol y la duranta limón. En el Parque Guadalupe (ubicado en la calle 13 con carrera 4) se pueden encontrar Ébanos, Clavellinos y Carboneros con alcorque. El Parque La Isleta, por su parte, ofrece una mayor presencia de samanes, guaduales, palmas botella, guayacanes, acacias, entre otros.

Las edificaciones en esta área varían en altura, comprendiendo de 1 a 5 pisos. Existe un porcentaje reducido de edificaciones con tipología colonial o que conservan algunas características de ese estilo, como el uso de teja de barro y colores blanco o crema. En mayor proporción, las edificaciones presentan tapia y cubierta escondida, destinadas a locales comerciales y oficinas. El uso del espacio público es mixto, abarcando actividades comerciales, institucionales gubernamentales, religiosas y residenciales en menor medida. El aprovechamiento del espacio público varía según la dinámica de cada lugar. La calle 13, por ejemplo, es peatonal y cuenta con restaurantes, cafés y un ambiente cultural que atrae a adultos jóvenes. El Parque Bolívar es frecuentado por pensionados que se reúnen para conversar o realizar transacciones. La Isleta ofrece instalaciones deportivas y recreativas, mientras que el Parque de Guadalupe es un espacio de recreación pasiva y de permanencia. Estos espacios son utilizados por una población diversa en todas las edades.

Se puede observar una apropiación activa del espacio público en esta zona. El parque es altamente concurrido y tiene una dinámica comercial intensa. La calle 13, con la presencia de instituciones culturales y musicales como el Centro de Arte y Cultura, presenta una vibrante vida cultural, con venta de artesanías, cafés con parasoles y artistas pintando en el espacio público. La Isleta se destaca como un centro deportivo y recreativo, con un coliseo y áreas de juego infantil que incluyen un tren, juegos y saltarín. No se perciben agentes contaminantes significativos, a excepción del desorden del cableado aéreo en algunos lugares.



Unidad de Paisaje 3

Parque Lineal

Esta unidad de paisaje presenta un relieve plano, con una temperatura promedio de 27°C y vientos predominantes del occidente. La presencia de vegetación, especialmente en los barrios cercanos al río La Vieja, ayuda a controlar la intensidad del sol en las tardes. En los parques y ejes viales importantes, se pueden apreciar árboles de alto y mediano porte. En los antejardines de las calles, es común encontrar especies como el Ébano, el Almendro y la Acacia. El Parque Lineal cuenta con samanes longevos de gran tamaño y frondosas copas, así como también Palmas de Coco, Palmas Areca y Ébanos. Las zonas verdes presentan una cobertura de grama. Por otro lado, el Parque Sueños de Libertad también alberga grandes Samanes, Guayacanes rosados, Ficus Benjamín, Árboles del Pan, Palmas Manila y una cobertura de grama, aunque en las áreas bajo la densa sombra de los árboles, el suelo se encuentra en tierra debido a la falta de exposición solar. En la zona cercana al río, la vegetación se mantiene con gran altura, destacándose especies como la Cañabrava, la Guadua y la Leucaena, entre otras. Este paisaje se caracteriza por diferentes tonos de verdes, diversas copas y estratos.

Las viviendas en esta área suelen tener dos pisos, con techos de teja de barro y colores claros. Las vías y andenes están construidos en concreto. El uso del suelo es principalmente residencial. El Parque Lineal, que consta de 3 manzanas, alberga una zona con restaurantes, cafés y un ambiente cultural. Sin embargo, también se encuentran negocios como talleres a escala doméstica, áreas de juegos infantiles frecuentadas por familias y zonas de bancas utilizadas por adultos mayores.

El recorrido por el río en el Parque Sueños de Libertad ofrece una experiencia de belleza natural excepcional. A través de un sendero pequeño, se inicia un malecón que se extiende en dirección oriente, siguiendo el curso del río. Durante el recorrido, se puede apreciar la majestuosidad del río La Vieja y su entorno natural. Destacan las vistas panorámicas del río fluyendo con su caudal, rodeado de una exuberante vegetación de alto porte. La sinuosidad del río crea un paisaje armonioso que invita a la contemplación y a conectar con la naturaleza.



Unidad de Paisaje 4

Humedal El Samán

Esta unidad de paisaje se caracteriza por su relieve montañoso, con una leve pendiente desde el occidente hasta la calle 14, y una pendiente más pronunciada hasta la calle 10. La temperatura promedio es de 28°C, con vientos predominantes del noroccidente. La presencia de vegetación contribuye a controlar el asoleamiento de la tarde. En los ejes viales se pueden encontrar especies como la Acacia Rubiña, Palmas Arecas y algunos Samanes, mientras que en los antejardines predominan los Ébanos. El Parque de la Salud, por su parte, se destaca como un pulmón verde, con el Humedal del Samán como protagonista, donde abunda esta especie arbórea. Además, se pueden apreciar Pízamos, Amancayos y bromelias silvestres creciendo en el entorno. A lo largo de los costados del humedal se encuentran bosques de papiros, y la presencia de numerosas aves, como las garzas, añade vida al lugar. La cobertura del suelo en esta área está compuesta por grama.

Los barrios de esta zona presentan viviendas de dos pisos, construidas en ladrillo a la vista o en colores claros como blanco o crema, con techos de teja de barro. Las vías y andenes están pavimentados en concreto. El uso del suelo es principalmente residencial, aunque también existe un cierto grado de comercio y servicios destinados a la población local. En cuanto al acceso al Parque de la Salud y al humedal, no está claramente definido, ya que se encuentra ubicado entre dos barrios y el relieve dificulta su visualización. El sendero en el interior del humedal es de tierra cubierto por hojarasca y está conectado mediante puentes de madera.

A pesar de la falta de legibilidad y acceso claro, el Humedal del Parque de la Salud es un lugar muy concurrido. Jóvenes se reúnen en las bancas o recorren el sendero a pie o en bicicleta. El ambiente se percibe tranquilo y diferente debido a la presencia de árboles y el agua en movimiento, que genera sonido. Sin embargo, en horas nocturnas no se percibe como un lugar seguro. Las vistas están controladas por los diferentes niveles del relieve, pero la presencia de la cordillera occidental en el paisaje lejano añade un toque especial.



Unidad de Paisaje 5

Estación del Ferrocarril

Esta unidad de paisaje está dominada por la presencia de la Estación del Ferrocarril. La topografía de la zona se eleva hacia el occidente, justo después de la emblemática Estación, brindando panorámicas cercanas que abarcan toda la ciudad y, en la distancia, se extienden hasta la Cordillera Occidental. Esta topografía, junto con la morfología de las manzanas, evoca el encanto del centro tradicional, aunque con variaciones únicas impuestas por la vía Panamericana y las suaves colinas que delinear el piedemonte.

La Estación del Ferrocarril emerge como el corazón de esta unidad paisajística. Aunque rodeada por una generosa extensión de zona verde, la estación parece aislada, con una notable falta de arborización en la zona sur que la conecte con el entorno urbano circundante. Al sur, altos muros rodean el predio de la Estación, ocultando y privando a los transeúntes de las vistas verdes que podrían disfrutar. Sin embargo, este vasto espacio tiene el potencial para transformarse en un oasis urbano, integrado armoniosamente con las viviendas circundantes de uno y dos pisos.

La elevación hacia el occidente de la Estación es una invitación a crear un mirador, un espacio público desde donde se pueden apreciar vistas panorámicas de Cartago. Situado sobre la transversal 5, este potencial mirador ya alberga árboles dispersos de gran porte, como los Ficus y Samanes, que añaden un toque verde al paisaje. Al oriente de la Estación, el Parque de la Estación se presenta como un pulmón verde, con una rica cobertura arbórea que invita a la contemplación y el descanso. La calle 9, que culmina en el edificio de la Estación, se perfila como un eje vital, merecedor de una intervención que fortalezca su papel de conexión entre la Estación y el centro urbano.

En resumen, el complejo de la Estación del Ferrocarril no es solo un testigo del pasado, sino una promesa para el futuro. Con su potencial sin explotar, tiene la capacidad de transformarse en un espacio público que no solo resalte su importancia ambiental, sino también su valor cultural y patrimonial para Cartago, convirtiéndose en un epicentro de encuentro, memoria y naturaleza.

/



Unidad de Paisaje 6

Universidad del Valle

Esta unidad paisajística es esencialmente residencial, pero se distingue por albergar equipamientos de gran relevancia y valor ambiental. Destacan la Universidad del Valle y el Club Campestre de Cartago, así como la sub-estación eléctrica de Cartago, todos ellos rodeados de espacios verdes que contribuyen a mejorar la calidad ambiental. El zanjón Los Limones, que se introduce en el área urbana por el sur-occidente de esta unidad, conserva un carácter semi-natural. A pesar de estar bordeado por viviendas a lo largo de su cauce, este zanjón aún conserva áreas verdes con un alto potencial ecológico y para la creación de espacios públicos.

El parque San Jerónimo emerge como un pulmón verde y punto de encuentro en esta unidad paisajística. Con su distintiva forma triangular, este parque alberga una rica biodiversidad, con especies como Ebanos, Guayacanes, Samanes, Ficus y Palmas Arecas. Aunque cuenta con áreas de concreto destinadas al encuentro y deporte, el cerramiento con rejas en su parte norte limita su accesibilidad y percepción como espacio público. Otros pulmones verdes, aunque de menor tamaño, son el parque La Floresta y el parque Los Sauces.

Arquitectónicamente, la zona se caracteriza por viviendas de uno y dos pisos que reflejan el encanto y la historia de épocas coloniales y republicanas. Esta arquitectura tradicional otorga a las calles una espacialidad única, creando una identidad distintiva y una escala urbana acogedora.

La unidad paisajística combina elementos residenciales, espacios verdes y equipamientos de valor, creando un mosaico urbano rico y diverso. A pesar de los desafíos, como la construcción de viviendas a lo largo del zanjón Los Limones, existen oportunidades significativas para potenciar y conservar el valor ecológico y patrimonial de la zona. Es importante implementar un plan de restauración y conservación para el zanjón Los Limones, promoviendo su integración con el tejido urbano circundante y potenciando su valor ecológico. Fomentar la conservación arquitectónica de las viviendas tradicionales, promoviendo su valor histórico y cultural.



3.5. CENSO ARBÓREO

Durante el período comprendido entre el 17 de agosto y el 11 de octubre de 2021, se registraron un total de 16.193 individuos en la cabecera municipal, de los cuales 764 corresponden a tocones y muertos. Esta cantidad corresponde a la totalidad de individuos identificados en el perímetro urbano. A continuación, se presenta una síntesis de los resultados del censo arbóreo. El documento completo del censo arbóreo de Cartago es uno de los productos del Convenio 141 de 2020.

De acuerdo con los resultados de la condición de las especies censadas en la cabecera municipal, se encontró que el 55,2% corresponden a especies nativas, entre las cuales predominan las especies *Geoffroea spinosa* Jacq., *Albizia saman* (Jacq.) Merr. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Guazuma ulmifolia* Lam., mientras el 40,0% representa las especies introducidas del municipio, integradas principalmente por *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc., *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf, *Caesalpinia pluviosa* DC (Tabla 11). El 4,7% restante coincide con individuos que no se pudieron identificar por ser tocones o muertos. La Tabla 12 presenta la etapa de desarrollo de los individuos censados.

CONDICIÓN	PORCENTAJE
Nativa	55,2%
Introducida	40,0%
Sin identificar	4,7%

Tabla 11. Condición del Arbolado en la Cabecera Urbana

ETAPA DE DESARROLLO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE
Adulto	14.273	88,1%
Juvenil	1.094	6,8%
Tocón	622	3,8%
Muerto	142	0,9%
Adulto senescente	62	0,4%
TOTAL	16.193	100,0%

Tabla 12. Etapa de Desarrollo de los Individuos Censados



Composición Florística

En la cabecera se identificaron 253 especies y 56 familias dispersos en toda el área urbana de Cartago, equivalente a 15.429 individuos vivos, excluyendo registros asociados a tocones y muertos (764 registros). Entre las especies que se destacaron por presentar mayor número de individuos y abundancia relativa fueron: Ébano falso (*Geoffroea spinosa* Jacq.) con 4.256 individuos arbóreos (27,59%), seguida de la especie Palma manila (*Adonidia merrillii* (Becc.) Becc.) con 1.036 individuos forestales (6,71%), la especie Palma areca (*Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. con 966 individuos (6,26%), Samán (*Albizia saman* (Jacq.) Burret) 948 (6,14%) individuos, seguidos de la especie Acacia rubiña (*Caesalpinia pluviosa* DC) con 867 individuos arbóreos (5,62%). En la Tabla 13 se reporta la composición florística de las especies del censo arbóreo realizado en el municipio durante el periodo señalado.

Las familias botánicas más representativas en la cabecera urbana son la familia Fabaceae con 7.984 individuos arbóreos, seguida de Arecaceae con 3.065 individuos y la familia Rutaceae con 672 individuos arbóreos, que corresponden al 51,7%, 19,9% y 4,4% respectivamente (Figura 17).

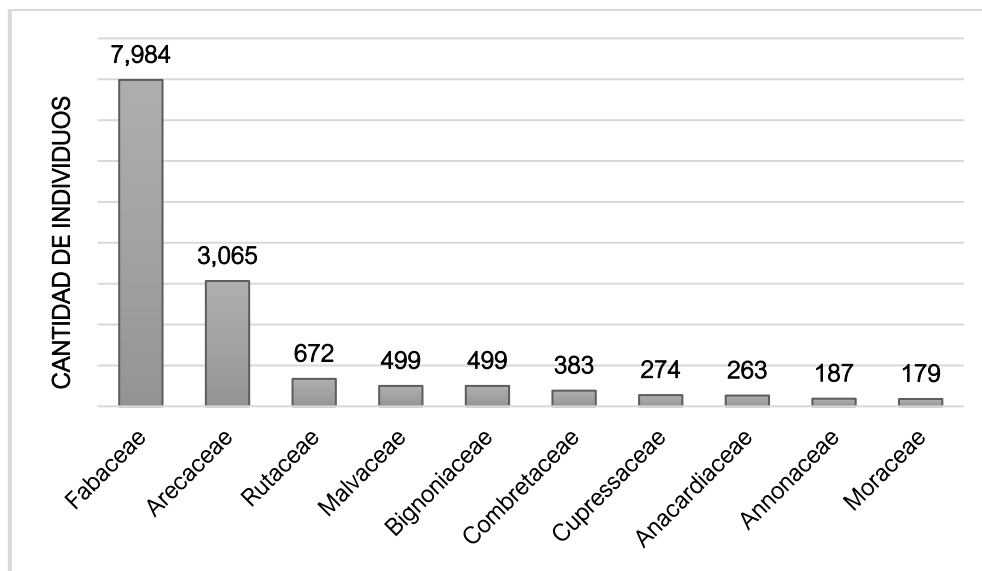


Figura 17. Familias Botánicas Representativas en la Cabecera Urbana

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	Nº INDIV.	ABUNDANCIA
<i>Geoffroepoa spinosa</i> Jacq.	Ébano falso	Leguminosae	4.256	27,58%
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	Palma navidad, Palma manila	Arecaceae	1.036	6,71%
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	Palma areca	Arecaceae	966	6,26%
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	Leguminosae	948	6,14%
<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC	Acacia rubiña, Acacia amarilla	Fabaceae	867	5,62%
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Matarratón	Leguminosae	529	3,43%
<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Limón suinglea	Rutaceae	408	2,64%
<i>Terminalia catapa</i> L.	Almendo de la India	Combretaceae	381	2,47%
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo	Malvaceae	372	2,41%
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Leguminosae	353	2,29%
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	Palma real cubana	Arecaceae	277	1,80%
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Anacardiaceae	253	1,64%
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Pino libro	Cupressaceae	217	1,41%
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Chiminango	Leguminosae	195	1,26%
<i>Bauhinia picta</i> (Kunth) DC.	Casco de vaca	Leguminosae	177	1,15%
<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	Annonaceae	164	1,06%
<i>Archontophoenix alexandrae</i> (F. Muell.) H. Wendl.	Palma alejandra	Arecaceae	154	1,00%
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Guayacán rosado	Bignoniaceae	142	0,92%
<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.	Palma zancona	Arecaceae	129	0,84%
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	120	0,78%
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	Guayacán amarillo	Bignoniaceae	117	0,76%
<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus benjamín	Moraceae	107	0,69%
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipán africano	Bignoniaceae	107	0,69%
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook	Chaguaramo, Palma botella	Arecaceae	104	0,67%
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamoncillo	Sapindaceae	100	0,65%
<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de Coco	Arecaceae	96	0,62%
<i>Zanthoxylum gentryi</i> Reynel	Tachuelo	Rutaceae	92	0,60%
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	Flor amarillo, Veleró	Leguminosae	90	0,58%
<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck	Limón	Rutaceae	89	0,58%
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	Malvaceae	76	0,49%
<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> var. <i>papaya</i>	Papayuelo	Euphorbiaceae	73	0,47%
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Piñón de oreja	Leguminosae	71	0,46%
<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco	Araucaria	Araucariaceae	70	0,45%
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Acacia roja	Leguminosae	70	0,45%
<i>Yucca aloifolia</i> L.	Palma yuca, Palma bayoneta	Asparagaceae	61	0,40%
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	Caricaceae	60	0,39%
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	Rubiaceae	60	0,39%
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Palma fúnebre	Cycadaceae	59	0,38%
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Myrtaceae	57	0,37%
<i>Bauhinia monandra</i> Kurz	Casco buey	Fabaceae	56	0,36%
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Cámbulo	Leguminosae	56	0,36%

Tabla 13. 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 4% del total de registros (Figura 22). Si bien la comuna 1 presenta la menor cantidad de árboles, en general 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. 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.

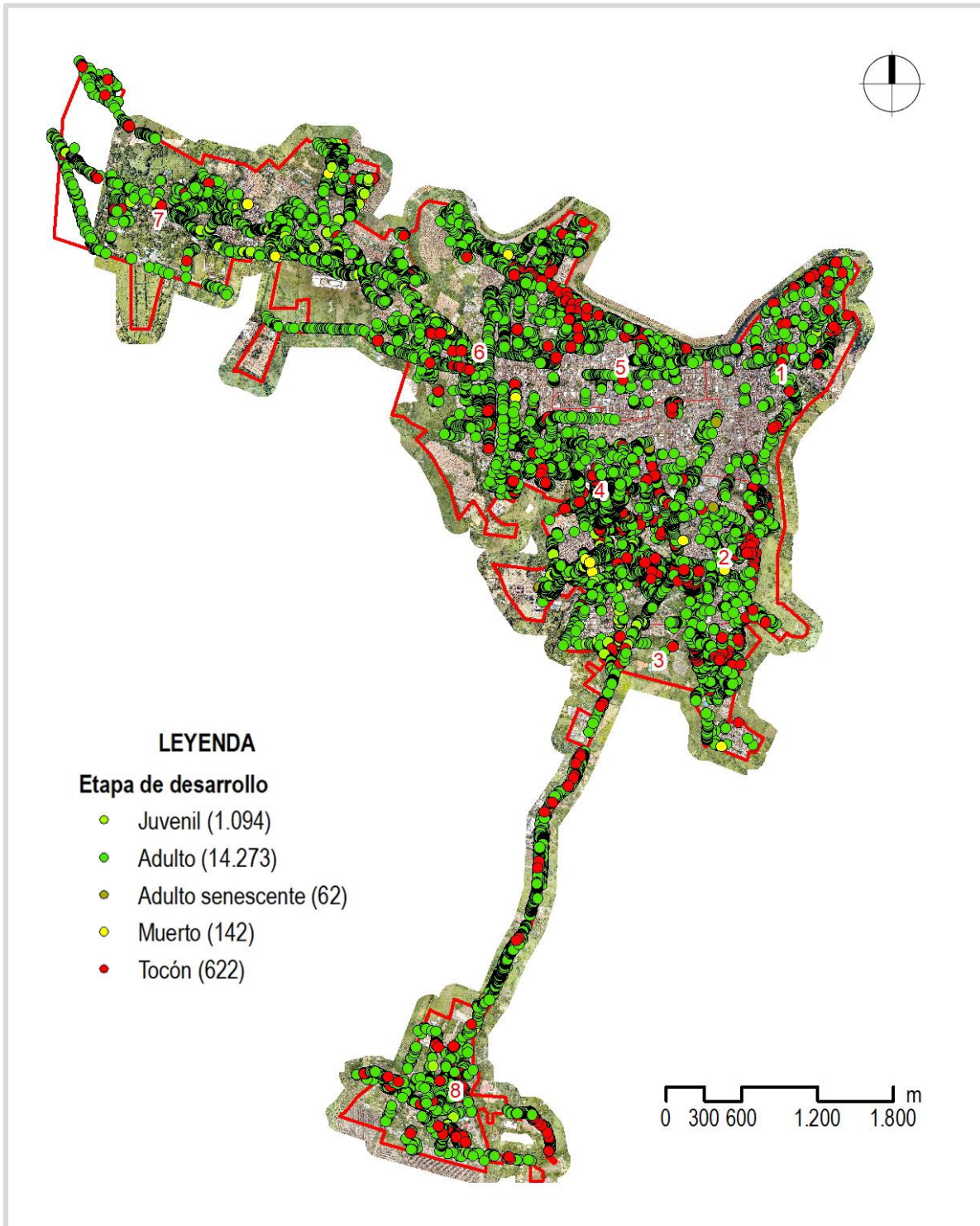


Figura 18. Distribución Espacial de la Cobertura Arbórea

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).

Las zonas destacadas y de gran importancia se presentan en la comuna 4 sobre el Parque de la Salud que alberga más de 1.000 individuos, lo que lo convierte en el factor de mayor diferenciación para la cabecera municipal, sumado la cantidad de individuos en el barrio Ciudadela de Paz. Las zonas en la comuna 5 se concentran en el Parque la Isleta y el Parque Principal Simón Bolívar. Las zonas de la comuna 6 incluyen el Parque de los Sueños, el Parque Villa Helena y Relictos de Bosque sobre la margen del río La Vieja y en la comuna 8 el Parque Principal de Zaragoza. A diferencia de las demás comunas, en la comuna 7 y 2 se presentan concentraciones Muy Altas en zonas relativamente pequeñas pero distribuidas en los barrios y no en zonas de parque, siendo este un factor positivo de apropiación ciudadana. En la comuna 7 se identifican en los barrios Santa Isabel, San Pablo y Santa Ana Norte, mientras que la comuna 2 en el barrio las colinas.

COMUNA	ÁREA (ha)	No. DE ÁRBOLES	ÁRBOLES POR HECTÁREA
1	123.6	669	5.41
2	100.3	952	9.49
3	112.7	1,605	14.24
4	167.8	3,248	19.36
5	75.8	1,162	15.33
6	235.7	2,538	10.77
7	339.1	3,102	9.15
8	106.3	1,162	10.93
Sin información		991	
TOTAL	1,261	15,429	12.24

Tabla 14. Indicador Árboles por Hectárea por Comunas

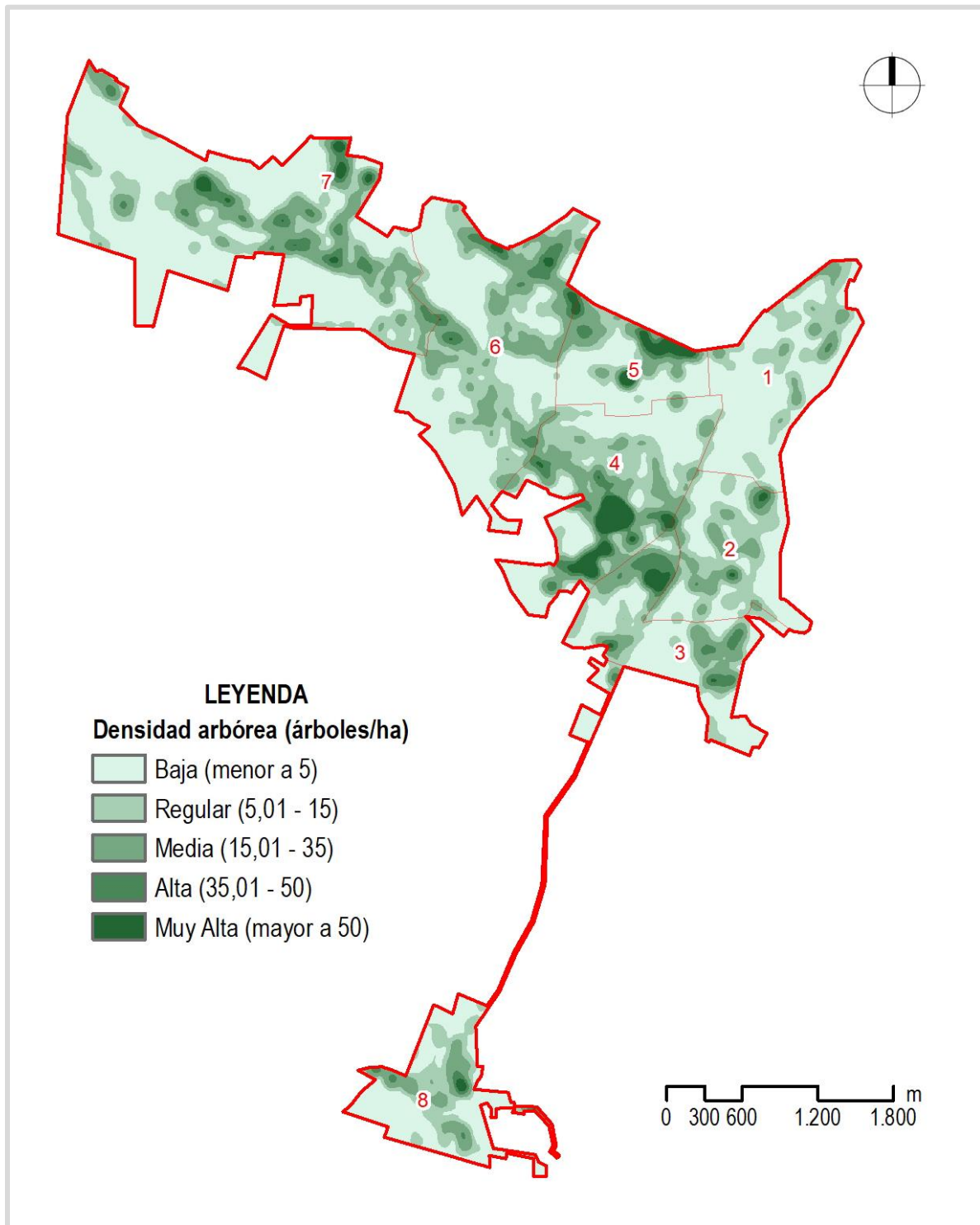


Figura 19. Indicador Árboles por Hectárea

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 m².

La mayor concentración de individuos se presenta sobre la vía Cartago-Zaragoza en donde se pueden identificar focos de concentración superiores a 27,7 individuos por área, al igual que la mejor conectividad entre individuos. En contraste, las vías con más interrupciones en la conectividad entre individuos se presentan en la carrera 4 que conduce del centro de Cartago al aeropuerto, influenciado por el desarrollo urbano, al igual que la vía que conduce de Zaragoza a Pereira (Figura 20).

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. 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 La Vieja, el Parque de la Salud, entre otros.

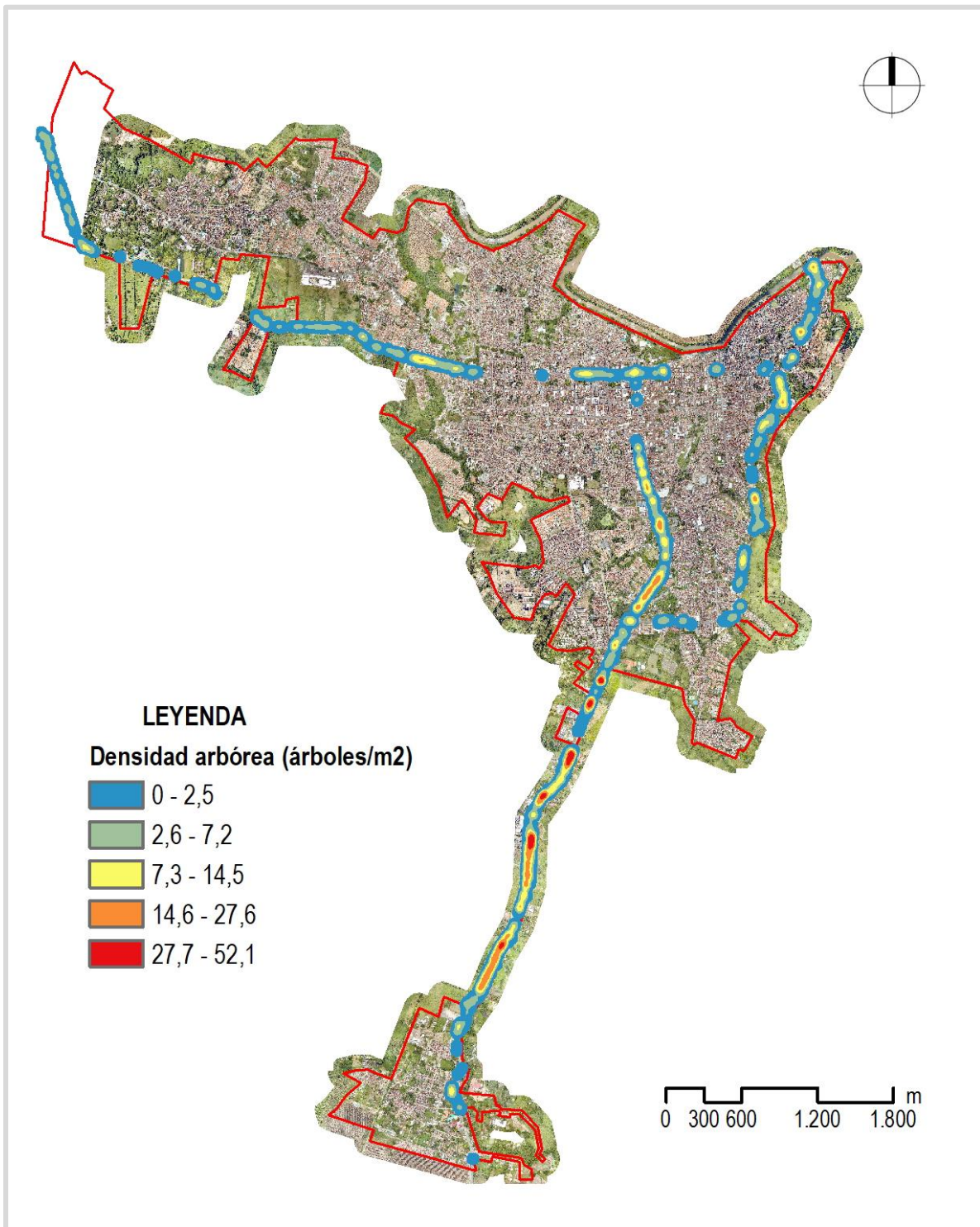


Figura 20. Indicador Árboles por Hectárea en la Vías Principales

Indicador Habitantes por Árbol (Comuna)

La relación entre el número de habitantes y la cantidad de árboles a nivel de comuna se presenta como el indicador de nivel intermedio de detalle, según la información disponible. Para ello se tuvo en cuenta información poblacional del DANE (2018) y la división política administrativa de comunas obtenida del POT (Acuerdo 023 de 2013). Las categorías están definidas teniendo como base media la proporción recomendada por la Organización Mundial para la Salud (OMS) de 3 habitantes por individuo arbóreo (Toharia, 2018), 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).

En la Figura 21 se presenta la distribución del indicador sobre cada una de las comunas. A nivel general, la mayor cantidad de comunas se establece en la categoría Alta (entre 5 y 11,9 habitantes por árbol). Cuatro de las ocho comunas se clasifican en esta categoría, lo que establece un panorama de alerta por el nivel de población, como son los casos de las comunas 3 y 4, en donde las concentraciones de individuos arbóreos no compensan con la cantidad de habitantes. Dicha situación se asocia a que son comunas más antiguas y consolidadas en desarrollo urbano. Por otro lado, se refuerza lo identificado en la comuna 1 con la poca densidad arbórea, siendo la comuna más crítica en la categoría Muy Alta (más de 12 habitantes por árbol), mientras que las comunas 5 y 8 se establecen son las mejores categorizadas con niveles de Media. Para el caso de la comuna 8, la influencia ejercida por la alta cantidad de individuos existentes en el tramo de la vía Cartago-Zaragoza y el desarrollo urbano menos consolidado, sumado a la presencia de zonas de recreación y casas campestres, favorece considerablemente el índice.

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 hacia las menos críticas. Sin embargo, lo recomendado para este indicador es aumentar el nivel de detalle. Para el caso de Cartago 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.

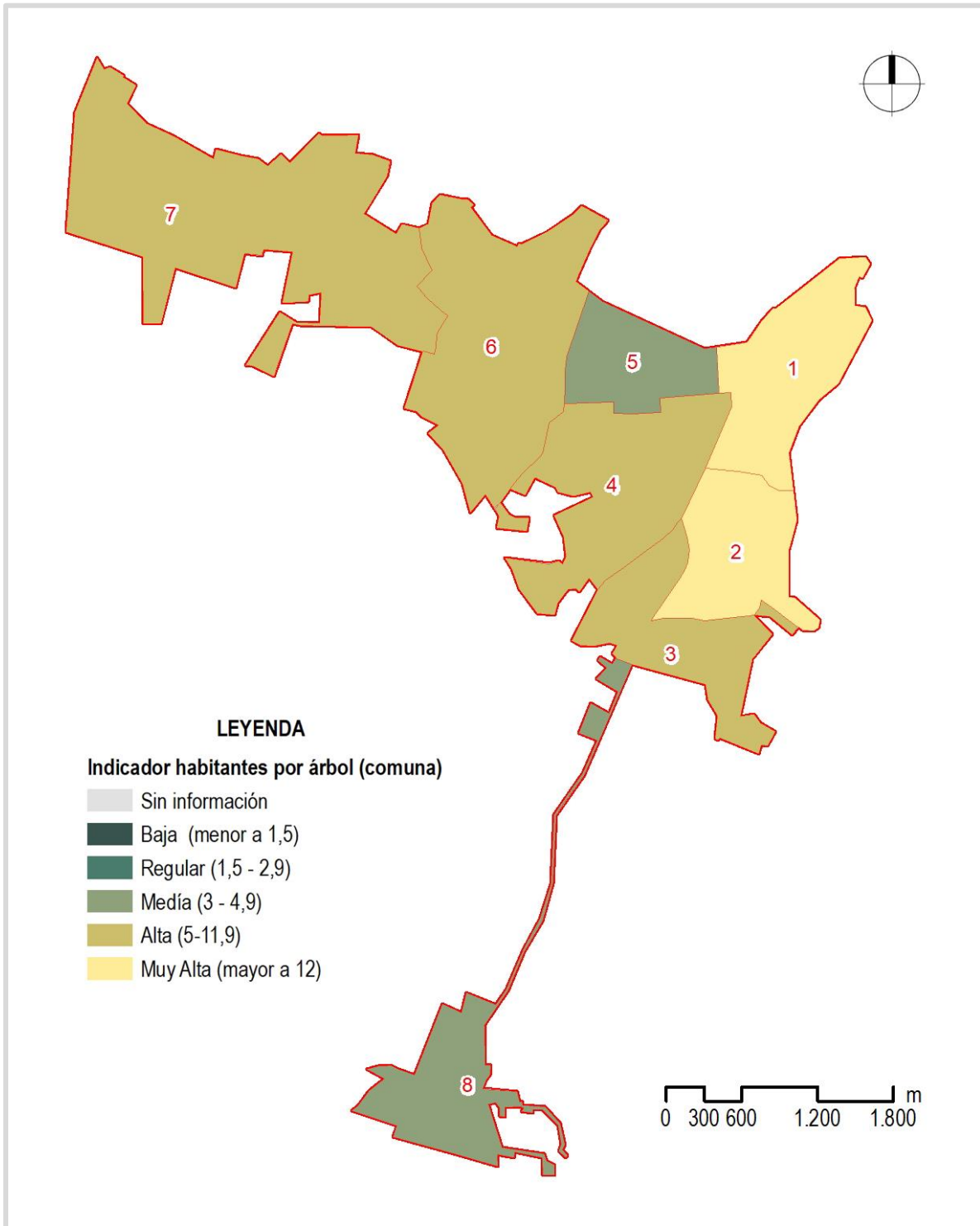


Figura 21. Indicador Habitantes por Árbol (Comuna)

Indicador Habitantes por Árbol (Barrio)

La relación entre el número de habitantes y la cantidad de árboles se presenta como el indicador de mayor nivel de detalle a nivel municipal, según la información disponible. Para ello se tuvo en cuenta información poblacional del DANE (2018) y la división política administrativa en barrios obtenida del POT (Concejo de Cartago, Acuerdo 023 de 2013).

Las categorías están definidas teniendo como base media la proporción recomendada por la Organización Mundial para la Salud (OMS) de 3 habitantes por individuo arbóreo (Toharia, 2018), siendo el mejor escenario la categoría Alta 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 Baja (más de 12 habitantes por árbol).

De los 209 barrios identificados para Cartago, 6 barrios están clasificados como Muy Alta (3%), 9 barrios en categoría Alta (4%), 33 en categoría Media (16%), 69 en categoría Regular (33%), 76 barrios en categoría Baja (36%) y el 16 de los barrios (8%) quedaron sin clasificación (Figura 19).

Entre los barrios clasificados con mejor categoría se identifican: el Barrio Urb. Ciudad Jardín, Barrio La Isleta, Barrio Juan XXIII 2o Etapa, Barrio Urb. Terraza De La 14, Barrio El Crucero, Barrio Botero Obirne, Barrio Torre De La Vega II Etapa, Barrio El Guadual, Barrio Urb. Villa Marcela, Barrio Urb. La Fresneda III Etapa, Barrio Urb. Santa Catalina, Barrio Urb. Ciudadela De Paz, Barrio Urb. Torres Del Sol, Barrio La Espuma y el Barrio La Epifanía I Etapa.

Entre los barrios clasificados con peor categoría y que superan la franja de 100 habitantes por árbol se identifican: Barrio Cond. Villa Del Roble, Barrio Urb. Bellavista, Barrio La Cabaña, Barrio El Paraíso, Barrio Urb. La Viña, Barrio Veracruz, Barrio Los Alpez, Barrio Prado Occidental, Barrio El Polo, Barrio Cond. Los Cristales, Barrio Sector Convivir, Barrio Camellón Del Quindío, Barrio Cond. Bosques De Los Lagos, Barrio Sector Chabbarriaga Wilkin, Barrio Cuchara Larga, Barrio Cond. Villas De Santamaria, Barrio Urb. Villa Del Mar, Barrio El Roble, Barrio Los Naranjos, Barrio El Palatino, Barrio La Arenera y Barrio Cond. Altamar Club.

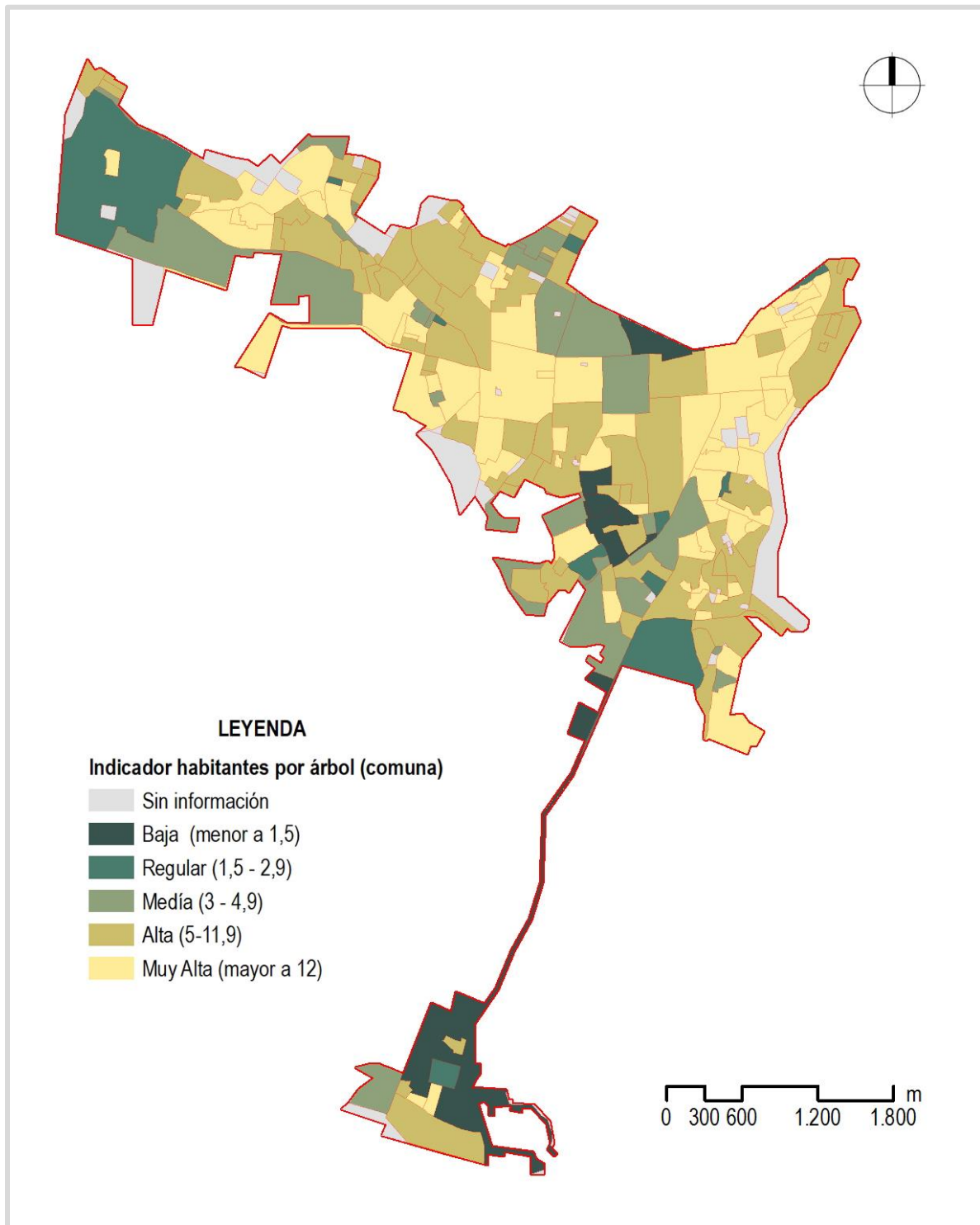


Figura 22. Indicador Habitantes por Árbol (Barrio)

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. Estudios han demostrado que las ICU tienen como consecuencia un mayor consumo energético, debido a los sistemas de refrigeración en las edificaciones, lo que incrementa el costo de vida en esos sectores (Mika et al., 2018).

En términos de la salud humana, la exposición a elevadas temperaturas por largos periodos de tiempo 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). Para determinar las ICU en la cabecera urbana de Cartago, se adaptó la metodología de Fernández (1996) donde la intensidad se calcula con la diferencia entre la temperatura media del perímetro urbano y la temperatura de superficie. De acuerdo con las diferencias por 1°C, la intensidad de la ICU se reclasificó en los siguientes rangos:

CLASIFICACIÓN	TEMPERATURA (°C)
Débil	Hasta 1
Moderadamente débil	1 a 2
Moderada	2 a 3
Moderada mente fuerte	3 a 4
Fuerte	4 a 5
Muy fuerte	>5

*Tabla 15. Rangos de Clasificación de la Intensidad de las ICU
Fuente: Fernández (1996)*

Los resultados obtenidos del procesamiento de la información recopilada arrojaron que la ciudad de Cartago presenta un rango de temperatura de superficie que oscila entre los 23°C hasta los 31°C, ubicándose las mayores temperaturas en la zona central del caso urbano y con un gran incremento hacia las comunas 1, 2, 4, 5 y 6. Para la cabecera urbana se observan 4 de las 6 categorías ICU, donde el 67.5% del área evaluada se encuentra en la categoría débil, el 26.0% se encuentra en la categoría moderadamente débil, el 6.5% corresponde a la categoría moderada y finalmente el 0.01% del área desarrolla una categoría moderadamente fuerte; este último es un valor significativamente pequeño en relación a las demás categorías, lo que indica que un área muy pequeña desarrolla un cambio importante de temperatura, aunque en la imagen no es diferenciable este valor se desarrolla únicamente hacia el sur de la comuna 5 entre calles 12 y 14 y las carreras 8 y 6.

En las comunas 7, 8 y el nororiente de la comuna 6, se puede apreciar que existe una relación visual entre los valores de temperatura superficial y la cobertura vegetal. En este caso la TS se debe al desarrollo urbano y no a actividades agropecuarias, por lo cual los efectos de altas temperaturas son permanentes y se acentúan con el tipo de actividad antrópica que se desarrolle en cada sector. Según la TS, el municipio de Cartago presenta una elevada tendencia a desarrollar ICU hacia las comunas 1, 2, 4, 5, y 6 y en menor proporción hacia las comunas 3, 7 y 8. El comportamiento de la ICU se asocia a la presencia de vegetación, por lo cual los cambios de temperatura desde un sector perimetral hacia otro más central no son tan marcados. Las variaciones de temperatura no son significativamente grandes entre diferentes sectores dentro del casco urbano respecto de la temperatura media, lo cual indica que los sectores más urbanizados son susceptibles de ser considerados como ICU de gran tamaño.

Para la cabecera urbana de Cartago, se debe tomar la categoría “moderada” como la categoría de interés, ya que la siguiente categoría no tiene una alta representatividad y si bien en este municipio las ICU se desarrollan a lo largo de zonas comerciales (Comunas 4, 5 y 6) también se consiguen en sectores más residenciales (Comunas 1, 2, 3 y 7). Sin embargo, resalta la comuna 8 que es la única que no desarrolla ninguna tendencia a las ICU, ya que en principio es un sector alejado y el NDVI indica que aún se tiene presencia importante de vegetación en el sector. 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.

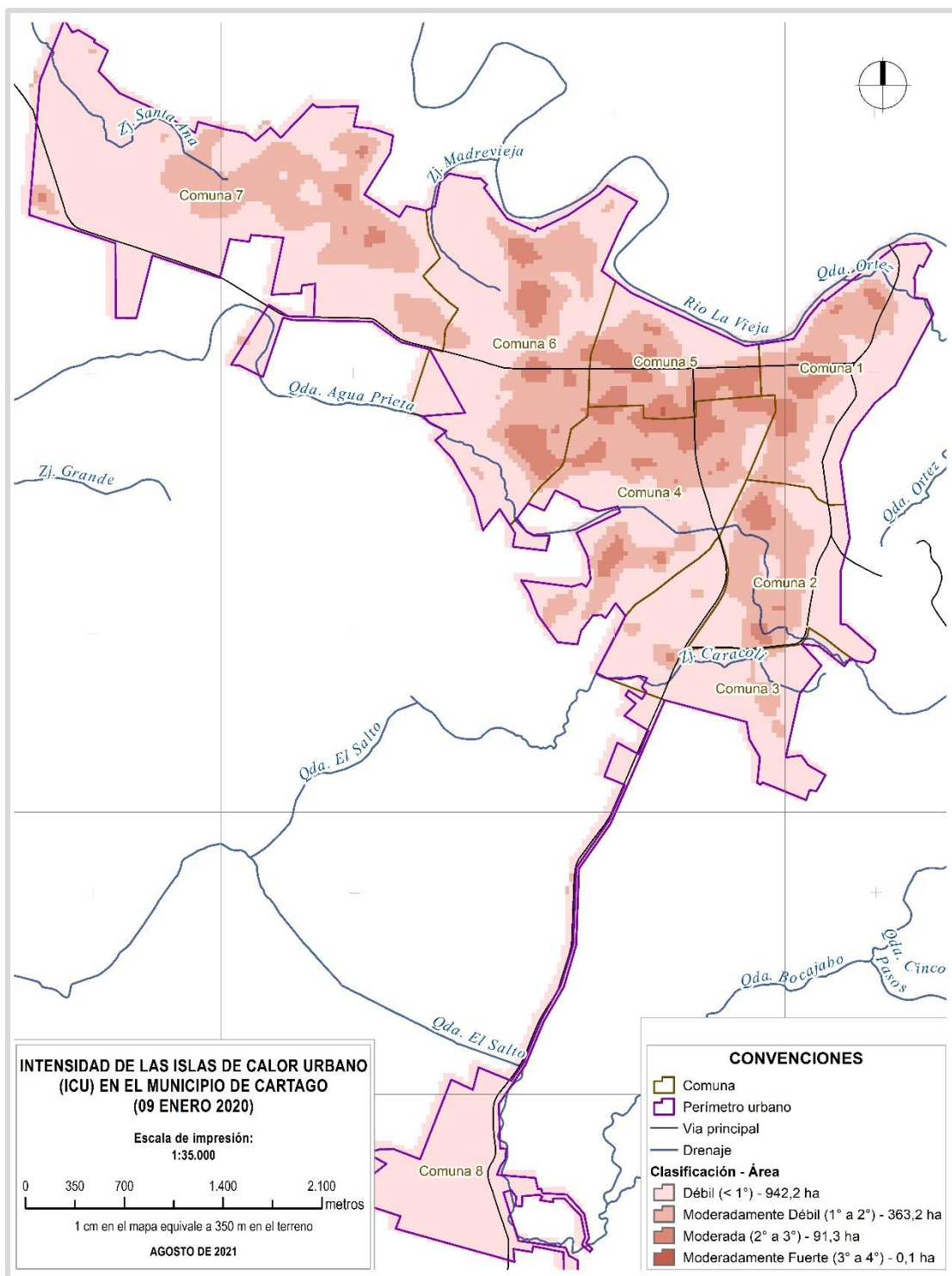


Figura 24. Islas de Calor Urbano en la Cabecera Urbana



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 corto (2024), 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 16. 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 17. 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 18. 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 19. 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 20. 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 ²	480	1,560

Tabla 21. 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 15m² 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 Cartago: para el año 2027 (6 m²/hab) y 2036 (11 m²/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 22. 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
	Total de árboles sembrados	UN	888	2,886

Tabla 23. 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 m² por kilómetro. Esto equivale a 200 m² 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 ²	480	1,560

Tabla 24. 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 25. 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 26. 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
			TOTAL	0.54	2.08

Tabla 27. 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 Cartago 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 (Figura 25). 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 (Figura 26), 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.

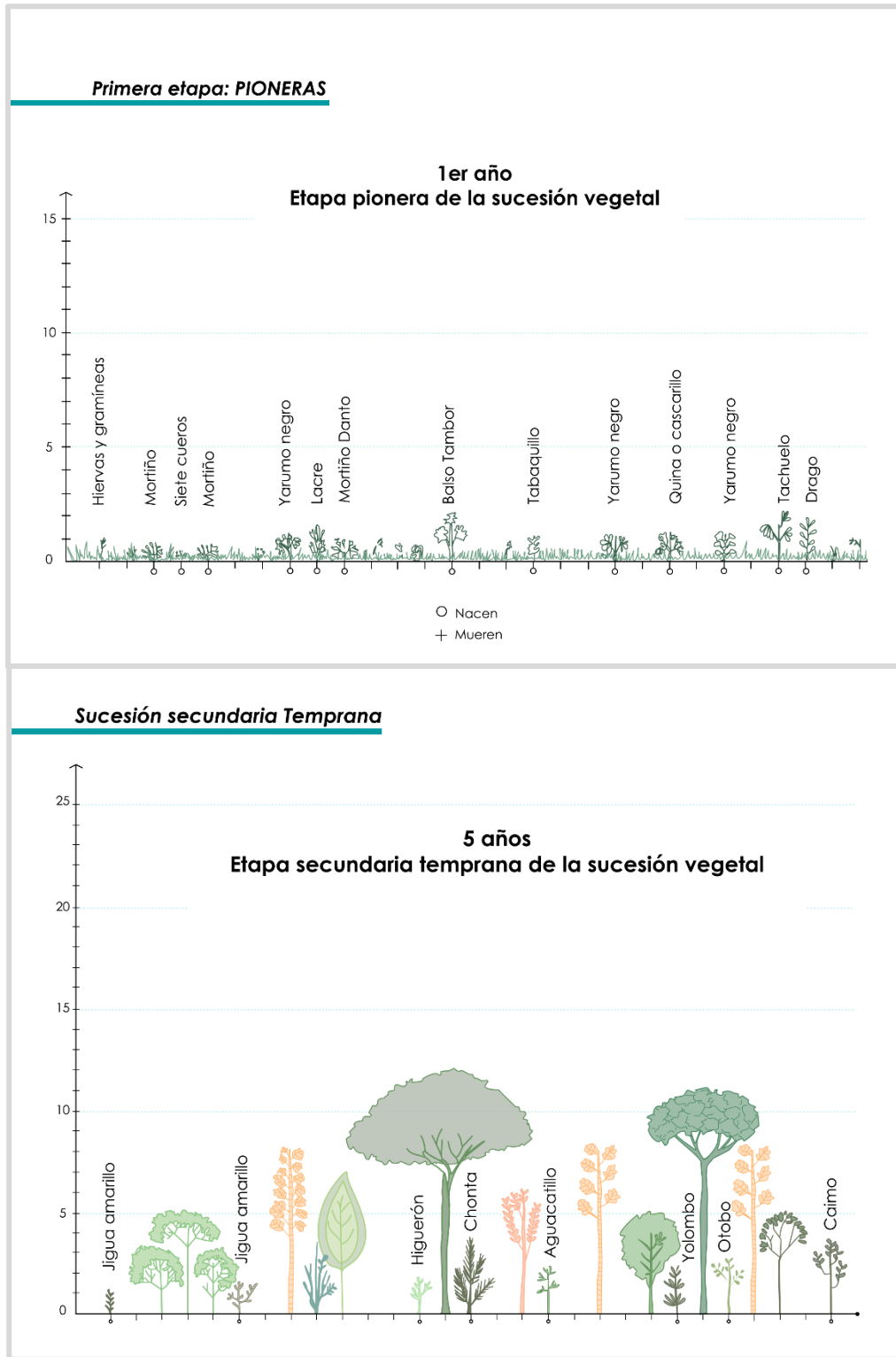


Figura 25. Etapas Tempranas de la Sucesión Vegetal

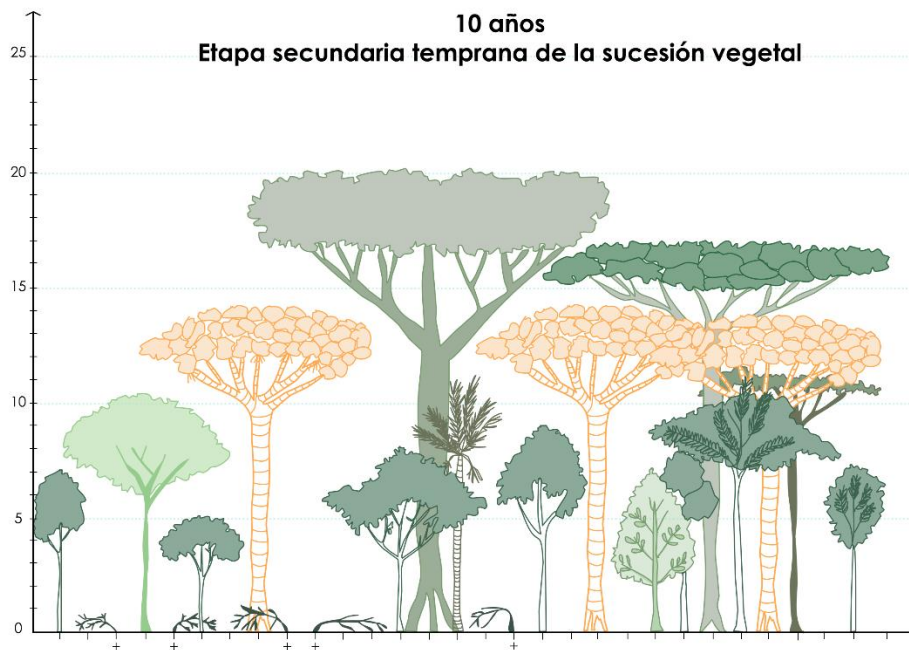
En el estadio de bosque maduro o primario, el bosque alcanza la madurez y su mayor complejidad. Contiene el número máximo de especies por área, usualmente representadas por muy pocos individuos de una especie por unidad de área. Las semillas de estas especies son más grandes y las plántulas que se derivan 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.

Durante los primeros 5 años del proceso de restauración en áreas ENEP sin cobertura arbórea, clasificadas como "Restauración", es necesario establecer especies de sucesión temprana. Dentro de estas especies, las de la familia Fabaceae son fundamentales en los procesos de restauración debido a su rápido crecimiento, alta adaptabilidad, capacidad de fijación de nitrógeno y facilidad de 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).

Sucesión secundaria Temprana



Sucesión secundaria Tardía

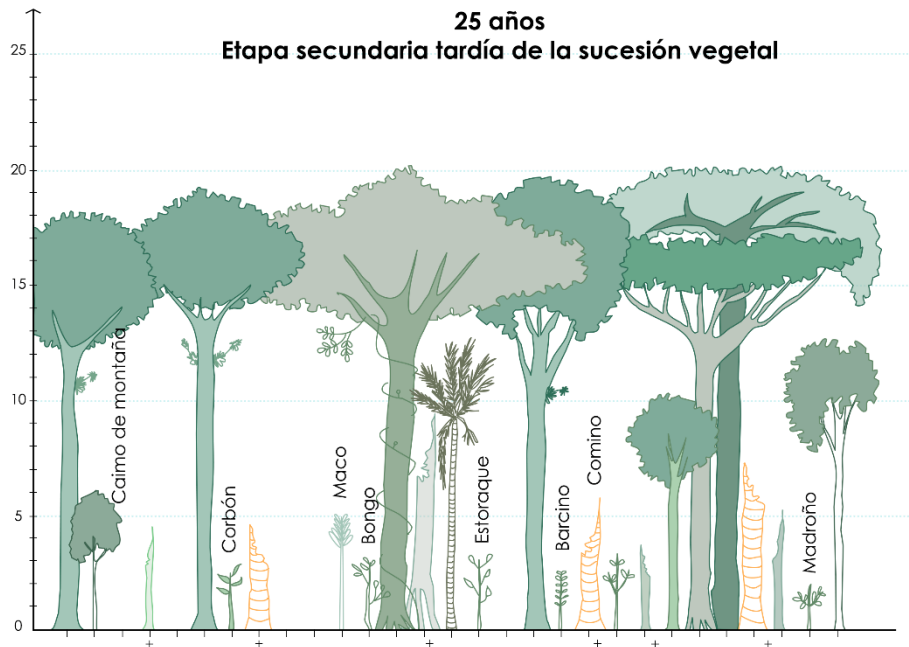


Figura 26. Etapas Secundarias de la Sucesión Vegetal

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 Cartago 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 de Cartago (Tablas 28-36), 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 de la zona. 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.

Crterios Especiales para la Zona Urbana de Cartago

Las características edáficas de Cartago, influenciadas por la Formación Zarzal y sus residuos de diatomitas, junto con aportes fluvio-volcánicos y materiales derivados de las montañas circundantes, tienen un impacto significativo en el arbolado urbano. Para Cartago, se proponen especies arbóreas y palmas con capacidad para superar las siguientes limitaciones:

Limitaciones en el Crecimiento

Las especies arbóreas, como las ceibas y otras malváceas, enfrentan restricciones en su desarrollo en Cartago. Estas limitaciones se manifiestan en tallas menores y menor vigor, lo que sugiere que la selección de especies para plantaciones urbanas debe ser cuidadosamente considerada.

Deficiencias Nutricionales

La composición del suelo puede estar limitando la disponibilidad de nutrientes esenciales como el calcio, fósforo y potasio. Esto subraya la necesidad de intervenciones de manejo, como la enmienda de suelos, para mejorar la salud y el crecimiento del arbolado.

Selección de Especies

Dada la naturaleza única de los suelos de Cartago, se priorizan especies arbóreas y palmas que estén adaptadas o sean tolerantes a estas condiciones edáficas. Esto no solo garantizará un crecimiento óptimo, sino que también reducirá los costos de mantenimiento y manejo a largo plazo.

Desafíos Futuros

A medida que la ciudad continúa expandiéndose y desarrollándose, es crucial considerar la interacción entre el desarrollo urbano y las características del suelo. Las áreas de expansión deben ser planificadas teniendo en cuenta la capacidad del suelo para soportar vegetación saludable.

Valor Ecológico y Paisajístico

A pesar de sus desafíos, las características del suelo de Cartago, en particular la presencia del Sistema de Colinas Bocajabo, ofrecen un valor ecológico y paisajístico único. Estas áreas pueden ser aprovechadas como espacios verdes urbanos, ofreciendo beneficios tanto ecológicos como recreativos para los residentes.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Apocynaceae	<i>Lacmellea edulis</i> H.Karst.	Lechemiel	6	20	3	Profunda
	<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	Perlillo, cuncon, cuncún, ancoche, ancochi, ancuchi	1-2	1-4	1	Profunda
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Sinónimo <i>Hirtella americana</i> L. N.Vulgar Garrapato	1-3	5	1-2	Profunda
Anacardiaceae	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Umbú	2	10	2	Profunda
	<i>Spondias purpurea</i> L.	Sinonimia y estatus incierto: <i>Spondias venulosa</i> (Engl.) Engl. Ciruelo rojo	4-5	20	4	Profunda
	<i>Anacardiun occidentale</i> L.	Marañón, merey	4-8	15-30	3-6	Profundas
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
	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimoya	4-6	30	4-6	Profunda
Apocynaceae	<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	Perlillo, Cuncún	1-2	1-4	1	Profunda
Aracaceae	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.	Palma	4-5	6	2	Fasciculada superficial
	<i>Bactris guineensis</i> (L.) H.E. Moore	Palma de corozo costeño	3-4	3	1,5	Fasciculada profunda
	<i>Bactris maraja</i> Mart.	Chacarrá, Corozo (Costa Atlántica)	3-6	3-4	3	Fasciculada profunda
	<i>Raphia taedigera</i> (Mart.) Mart.	Pangana	4	20-30	4	Fasciculada superficial
	<i>Phytelphas 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
	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Chirlobirlo	3-6	4-25	2-5	Profunda
	<i>Amphitecna latifolia</i> (Mill.) A.H. Gentry	Calabacillo. Se hibrida conservando la fertilidad con <i>Crescentia cujete</i>	3-8	5-30	2-7	Profundas
	<i>Crescentia alata</i> Kunth	Güira, morro, totumo	4-6	20-30	2-6	Profunda
	<i>Roseodendron chryseum</i> (S.F.Blake) Miranda	Cañaguante, Alumbre, puy, roble blanco	4-6	30	4-8	Profunda

Tabla 28. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Bignoniaceae	<i>Godmania aesculifolia</i> (Kunth) Standl.	Sinónimo <i>Tabebuia aesculifolia</i> (Kunth) Hemsl. Guayacán cacho de chivo	4-8	20	5	Profunda
	<i>Jacaranda obtusifolia</i> Bonpl.	Gualanday llanero	4-8	30	6	Profunda
Bombacaceae	<i>Pachira glabra</i> Pasq.	Cacao ornamental	6	10-20	2-3	Profunda
Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i> Lam.	Biyuyo	2-4	10	3	Profunda
	<i>Cordia sebestena</i> L.	San Joaquín	2-6	20	1-4	Profunda
	<i>Cordia dentata</i> Poir.	Sinónimo: <i>Cordia alba</i> (Jacq.) Roem. & Schult.r. Baba de perro, gomo	4-8	12-30	4-10	Profunda
Cactaceae	<i>Pereskia bleo</i> (Kunth) DC.	Clarol	2-4	5	1	Profunda
Calophyllaceae	<i>Calophyllum calaba</i> L.	Aceite maría, calaba	6	40	4	Profunda
Capparaceae	<i>Quadrella indica</i> (L.) Iltis & Cornejo	Aceituno macho	1-3	5-30	2-6	Profunda
	<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.	Sinónimo <i>Capparis odoratissima</i> Jacq., Aceituno, Olivo, Nazareno	1-5	5-30	1-5	Profunda
Celastraceae	<i>Monteverdia corei</i> (Lundell) Biral	<i>Maytenus corei</i> Lundell	4	12	2	Profunda
Chrysobalanaceae	<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>Clusia fructiangusta</i>	Cucharo	4	10-15	3-4	Profunda
	<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	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum ulei</i> O.E. Schulz	Coca de monte	3	5	1-2	Profunda
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	Liberal, lecherito rojo, cobrizo (Centroamérica)	4	10	2	Profunda
Fabaceae	<i>Caesalpinia cassioides</i> Willd.	Brasil chiquito	0.5- 3	3.6	1-2	Profunda
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Sinónimo <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. N:V Aromo	0.5-5	2-20	3	Profunda y superficial
	<i>Calliandra angustifolia</i> Spruce ex Bentham	Carbonero	1.4	10-15	2-3	Profunda y superficial
	<i>Calliandra antioquiiae</i> Barneby	carbonerito liso	1-3	6-10	3	Profunda y superficial

Tabla 29. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Fabaceae	<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	Superficial y profunda
	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger	Sinónimo <i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth. Carbón (Centroamérica)	3-6	20-30		Profunda y superficial
	<i>Bauhinia aculeata</i> L.	Pata de vaca, (árbol de orquídea blanca, en inglés)	3-8	3-7	2	Profunda y superficial
	<i>Calliandra haematocephala</i> Hasskarl	Carbonero rojo. Ampliamente cultivada	4	12	4	Profunda y superficial
	<i>Calliandra magdalena</i> (Bertero ex DC.) Benth.	Sinónimo: <i>Calliandra riparia</i> Pittier. Pichindé, Carbonero rojo de humedal	4	20	4-5	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	Sinónimo <i>Acacia tortuosa</i> (L.) Willd. N:V 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	Superficial
	<i>Cojoba rufescens</i> (Benth.) Britton & Rose	Dormilón, pichindé.	5	30	6	Profunda y superficial
	<i>Calliandra purdiaei</i> Bentham	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>Browneopsis sanintiae</i> Silverst. sp. nov	Clavellino?	6	20	4-6	Profunda
<i>Inga marginata</i> Willd.	Churimo, Cansamuelas	6-8	10-30	6	Profunda y superficial	
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

Tabla 30. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Nance, Nanci, manteco, peralejo, burici (Brasil)	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.	Cirueta de perro, ciruelo, confite	4-5	20	2	Profunda
Malvaceae	<i>Cavanillesia chicamochae</i> Fern.Alonso	Ceiba barrigona, barrigón	4- 10	100	4-6	Profunda
	<i>Talipariti tiliaceum</i> (L.) Fryxell	(sinónimo: <i>Hibiscus tiliaceus</i> L.) Majagua	4-6	20-40	8	Profunda
Melastomataceae	<i>Bellucia egensis</i> (DC.) Penneys, Michelang., Judd & Almeda	Sinónimo: <i>Myriasporea decipiens</i> Naud. 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
	<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
	<i>Calycolpus moritzianus</i> (O. Berg) Burret	Sinónimo: <i>Psidium caudatum</i> . Arrayán, guayabeta, guayabeto	3-8	10-30	3-8	Profunda
	<i>Psidium acutangulum</i> DC.	Guayaba coronilla chica.	4,6	10-25	2-4	Profunda

Tabla 31. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)	Tipo de Raíz
Myrtaceae	<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (Berg) Nied.	Guayaba coronilla grande, cas (Centromérica)	4-7	10-30	2-4	Profunda
	<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	Bichinche, michinche, palillo.	7	50	8	Profunda
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	Albarillo del campo, ciruelillo, ciruelo cimarrón	3-5	20	6	Profunda
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus brasiliensis</i> (Aubl.) Poir.	Sinónimo <i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl. Madura plátano	4-6	10	4	Profunda
	<i>Phyllanthus elsiae</i> Urb.	Madura plátano, usualmente confundido con <i>P. acuminatus</i>	4-8	30	5	Profunda
Rhamnaceae	<i>Sageretia elegans</i> (Kunth) Brongn.	Espuela de gallo, agraz (Santander)	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	Sinónimo <i>Fagara formicifera</i> Cuatrecasas	4-8	20-40	2-5	Profund
	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave & Lex.	Morey, manzana de médico	6	20- 60	4-8	Profunda
	<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
	<i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk.	Sinónimo: <i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth. N:V. Cotoperiz, cotopriz	3-5	10-30	2-4	Profunda
	<i>Allophylus racemosus</i> Sw.	Surundé	3-6	10-30	4	Profunda
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis americana</i> (Mill.) J.R.Johnst.	Pelamanos	6	25	6	Profunda
Verbenaceae	<i>Citharexylum kunthianum</i> Moldenke	Guitarro, Pendo	6-8	20-30	4-6	Profundas
Zygophyllaceae	<i>Gonopterodendron arboreum</i> (Jacq.) Godoy-Bürki	Sinónimo: <i>Bulnesia arborea</i> (Jacq.) Engl. Guayacán de bola	7	15	2-6	Profunda

Tabla 32. Listado de Especies de Talla Baja (3-8 m) (continuación)

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	Profundas
	<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 m	40	4	Superficial fasciculada
	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Naidí solito	4-10	10	3	Fasciculada profunda
	<i>Manicaria saccifera</i> Gaertn.	Jícara, cabecinegro	5-10	15-30	4-6	Fasciculada
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	Sinónimo <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson. 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	10
	<i>Handroanthus ochraceus</i> subsp. <i>neochrysanthus</i> (A.H. Gentry) S.O. Grose	Sinónimo <i>Tabebuia neochrysantha</i> A.H. Gentry. Guayacán amarillo pequeño	4-10	6-15	4-10	Profunda
	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	Sinónimo <i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl. Guayacán amarillo de pelos dorados	6-12	30-40	10	Profunda
	<i>Jacaranda hesperia</i> Dugand	Gualanday del Pacífico	8-10	40	5-6	Profunda
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i> L.	Totofando	10	30	4	Profunda
Capparaceae	<i>Cynophalla amplissima</i> (Lam.) Iltis & Cornejo	Sinónimo <i>Capparis amplissima</i> Lam.	15	25-30	5	Profunda
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
Combretaceae	<i>Terminalia buceras</i> (L.) Wright	Olivo negro	4-10	20	3	Profunda
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A. St.-Hil.	Coca de monte, Ají.	10	20	4	Profunda

Tabla 33. 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>Chloroleucon sempervivum</i> Silverstone	Para siempre. Endemismo amenazado	10-12	30-40	6-8	Profunda y superficial
	<i>Mimosa trianae</i> Benth.	Yopo	10-15	30-40	20-30	Profunda y superficial
	<i>Parkia velutina</i> Benoist	Guabo vaina	10-15	30	3.7	Superficial
	<i>Senna spectabilis</i> H.S.Irwin & Barneby	Velero	12	40	12	Profunda
	<i>Calliandra pittieri</i> Standley	Carbonero común	4-10	40	6-8	Profunda y superficial
	<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Benth.	Muche, espino de mono, chiminango de humedal	5-15	20-40	3-6	Profunda
	<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 y superficial
	<i>Calliandra falcata</i> Bentham	Carbonero	8	30	6	Profunda y superficial
	<i>Caesalpinia granadillo</i> Pittier	Granadillo	8-10	20-30	5-7	Profunda
	<i>Calliandra coriacea</i> (Willdenow) Bentham	Carbonero de río	1-10	5-20	1-4	Profunda y superficial
	<i>Pithecellobium unguis-cati</i> (L.) Benth.	Sinónimo: <i>Pithecellobium oblongum</i> Benth. Buche	3-10	5-10	1-3	Profunda
	<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose	Chípero, chíparo, suribio	5-15	3-100	2-20	Superficial y profunda
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	Profunda
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Sapotolongo, castaño de agua, ceibo de agua	12	40	8	Profunda
	<i>Pachira insignis</i> (Sw.) Sw. ex Savigny	Cacao ornamental	4-15	20-50	4-10	Superficial blanda
	<i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Fryxell	Sinónimo: <i>Hibiscus elatum</i> Sw. Majagua azul	15	30	4	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
Myrtaceae	<i>Pimenta racemosa</i> (Mill.) J.W. Moore	Pimienta dulce	4-12	3-20	1-4	Profunda
	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr	Pimienta dulce, Alpices	7-12	20-60	1-4	Profunda
Passifloraceae	<i>Passiflora sphaerocarpa</i> Triana & Planch.	Granadilla arbórea	8	20	6	Profunda
Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	Chucho	10-15	40	5	Profunda
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tachuelo	15	40	8	Profunda
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce, sauce vela	4-15	10-40	4	Profunda
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum argenteum</i> subsp. <i>panamense</i> (Pittier) T.D. Penn.	Caimo morado, caimo regional	10-15	50	10	Profunda

Tabla 34. Listado de Especies de Talla Media (8-15 m) (continuación)

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	10-20	20-30	4	Fasciculada profunda
	<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.	Guayacán rosado	12-16	40	8	Profunda
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos Sinónimos:	Guayacán rosado	15-20	40-50	10-20	Profunda
Burseraceae	<i>Protium stevensonii</i> (Standl.) Daly	Azucarito	15-25	30-60		Profunda
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Guayabillo	15-20	50-200	8-20	Profunda
Fabaceae	<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
	<i>Parkia nitida</i> Miq.	Guabo vaina	10-25	40	12	Profunda y superficial
	<i>Machaerium capote</i> Dugand	Siete cueros, capote	15-20	60	7-10	Profunda
	<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose	Sangregallo	4-25	10-50	4-18	Profunda
	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Diomate	6-25	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	4-20	20-50	6	Profunda
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Cedro trompillo	10-25	30-50	10-15	Profunda
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	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
Rutaceae	<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) DC.	Tachuelo	5-20	20	5	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	Guayacán carrapo	17	40	10-14	Profunda

Tabla 35. 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	Profundas
Arecaceae	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L. f.) Wess. Boer	Corozo de puerco, palma de vino	10-30	10-25	10-14	Fascicular superficial
	<i>Bactris gasipae</i> s var. <i>chichagui</i> (H. Karst.) A.J. Hend.	Chontaduro silvestre regional	20	30	4-5	Fascicular profunda
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	Guayacán amarillo	8-20	30-50	8-12	Profunda
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Aceite maría, 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
Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	Harina seca, guacamayo	15-40	40-100	12-25	Superficial y profunda
	<i>Ormosia towarensis</i> Pittier	Chocho rojo	20	50	10	Superficial
	<i>Cassia moschata</i> Kunth.	Cañafistol	20-25	40-60	6-15	Profunda
	<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Cachimbo písamo, písamo	20-25	80-100	20-25	Superficial blanda
	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	Balsamo de Tolú, Tache	20-40	20-60	10-12	Profunda
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Cachimbo	24	60	20	Superficial blanda
Fabaceae	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Dormilón	30-35	130	25-30	Superficial
	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	Roble, Trébol, Guayacán trébol	35	80	25-30	Profunda
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Tambor	35	100	20	Superficial
	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Alcornoco (Llanos)	8-20	30-70	5-20	Profundas
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>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Camajón, camajón duro	20	60	20	Superficial, blanda
	<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
	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Nispero	25-35	6-20	3-12	Profunda
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Pavito, amargo	25	65	12	Profunda

Tabla 36. 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.

El sistema colinado de Bocajabo es el principal elemento natural de conexión entre lo urbano y lo rural, ya que atraviesa la cabecera urbana de sur a norte y conecta con el río Cauca y el río La Vieja (Figura 27). Este sistema es también un valioso recurso natural que ofrece un paisaje impresionante que imprime una identidad única al territorio de Cartago. Aprovechar el valor paisajístico del sistema colinado es una oportunidad para construir un sistema de espacios públicos que conecte la zona urbana con el sistema de colinas hacia el sureste y el río Cauca hacia el noroeste, respetando la topografía de las colinas. Asimismo, este proyecto fomenta el turismo rural y ecológico, y genera beneficios económicos para la comunidad local. Esto se puede lograr promoviendo la conservación y restauración del ecosistema de las colinas, y construyendo espacios públicos como senderos ecológicos o rutas de ciclismo, que permitan a los visitantes explorar el sistema colinado de manera respetuosa con el ecosistema. Lo importante es conectar a la población urbana con este patrimonio natural, al tiempo que se promueve su uso sostenible y conservación.

En Cartago, otro elemento de gran importancia para la conexión entre la zona urbana y rural es el corredor de producción sostenible, también conocido como corredor mixto, que ha sido planteado en el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD) (Figura 28). Este corredor se encuentra ubicado en el piedemonte de la Cordillera Central, hacia el oriente de la cabecera urbana, y ofrece una oportunidad para que la zona urbana se articule con la producción agrícola sostenible. La presencia del corredor de producción sostenible es fundamental para el desarrollo sostenible del territorio, ya que permite fomentar la producción agrícola mediante prácticas agroecológicas y la protección de la biodiversidad. Además, la conexión entre la zona urbana y rural puede ser una oportunidad para el desarrollo de empleo y de la economía local.

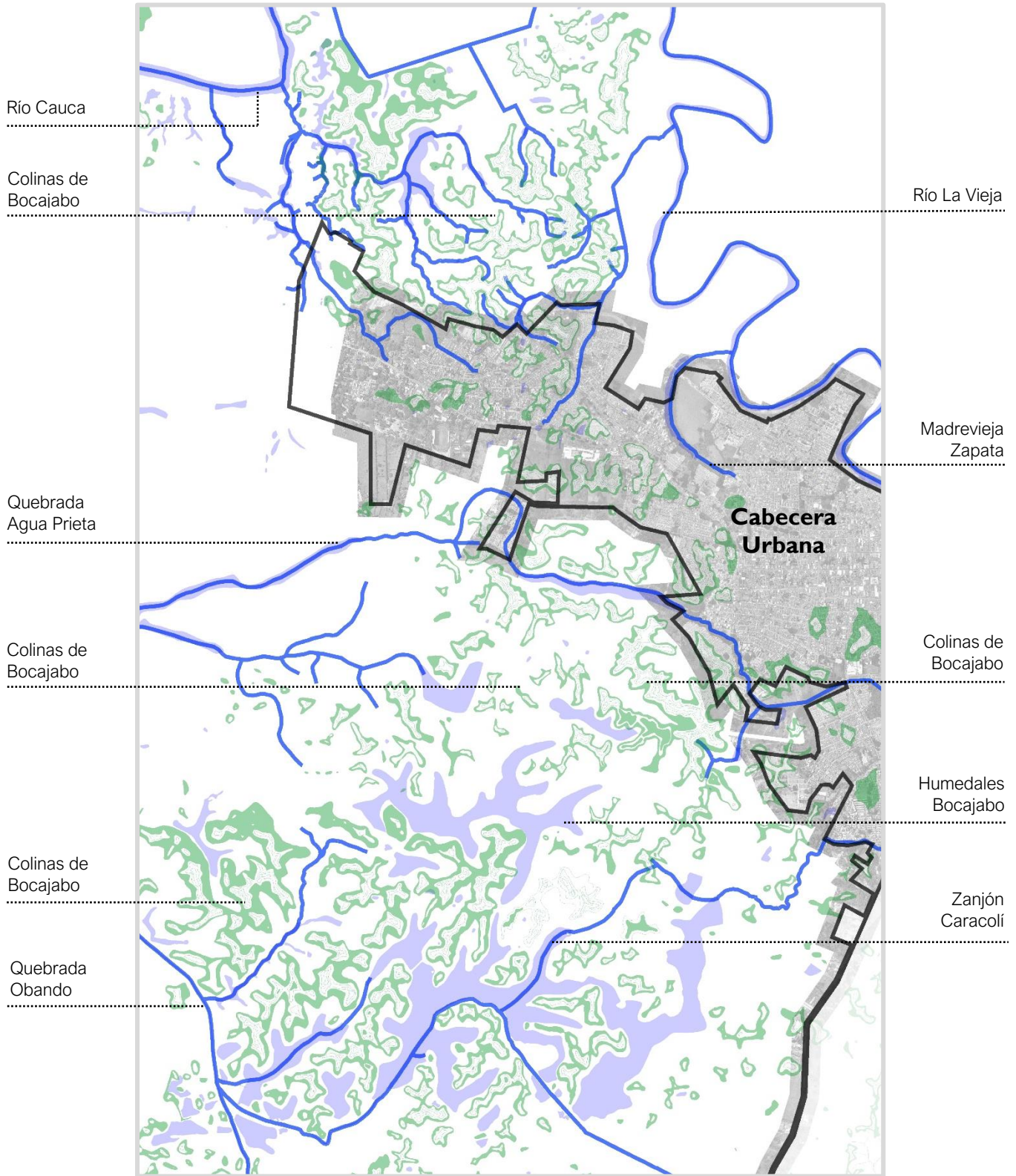


Figura 27. Conectividad Urbano-Rural – Sector Occidental

La integración de la zona urbana a este corredor de producción sostenible puede tener varios beneficios. En primer lugar, puede contribuir a la seguridad alimentaria de la población urbana, al proporcionar acceso a alimentos saludables y sostenibles producidos localmente. Además, la integración de la zona urbana a este corredor puede fomentar la agricultura sostenible y la conservación de la biodiversidad en la zona rural.

Para lograr esta integración, es importante que se realice una planificación cuidadosa y participativa, que tenga en cuenta tanto las necesidades de la población urbana como las de la población rural. La planificación debe incluir la identificación de áreas para la producción agrícola, la promoción de prácticas agroecológicas y permacultura, la protección de la biodiversidad y la promoción de la economía local.

La economía circular puede ser una herramienta valiosa para establecer relaciones entre la zona urbana y el corredor de producción sostenible. En este sentido, los residuos orgánicos urbanos pueden convertirse en una fuente de fertilizantes valiosos para la producción agrícola sostenible en la zona rural. Mediante la implementación de prácticas de compostaje, se puede transformar los residuos orgánicos urbanos en abonos ricos en nutrientes que pueden utilizarse en la producción agroecológica. Además, la producción de abonos orgánicos a partir de residuos urbanos puede reducir la cantidad de desechos que terminan en los vertederos y reducir la huella de carbono de la zona urbana.

Un tercer elemento de conectividad urbano-rural en Cartago es el río La Vieja. La planificación de la relación entre la ciudad y el río es esencial para garantizar la sostenibilidad de la zona urbana. La pérdida de la ribera forestal y la limitación directa de la ciudad al río pueden ser un problema en términos de conservación del ecosistema y la biodiversidad asociada a él. Para recuperar zonas que todavía pueden ser refugios de biodiversidad asociada al río, es importante crear un borde de espacio público que haga visible para la comunidad y el turismo el acceso a un bosque con posibles zonas de inundación del río. Este borde debe ser un espacio multifuncional, que incluya zonas verdes y de descanso, senderos para caminar o andar en bicicleta, áreas de observación de aves y vida silvestre.

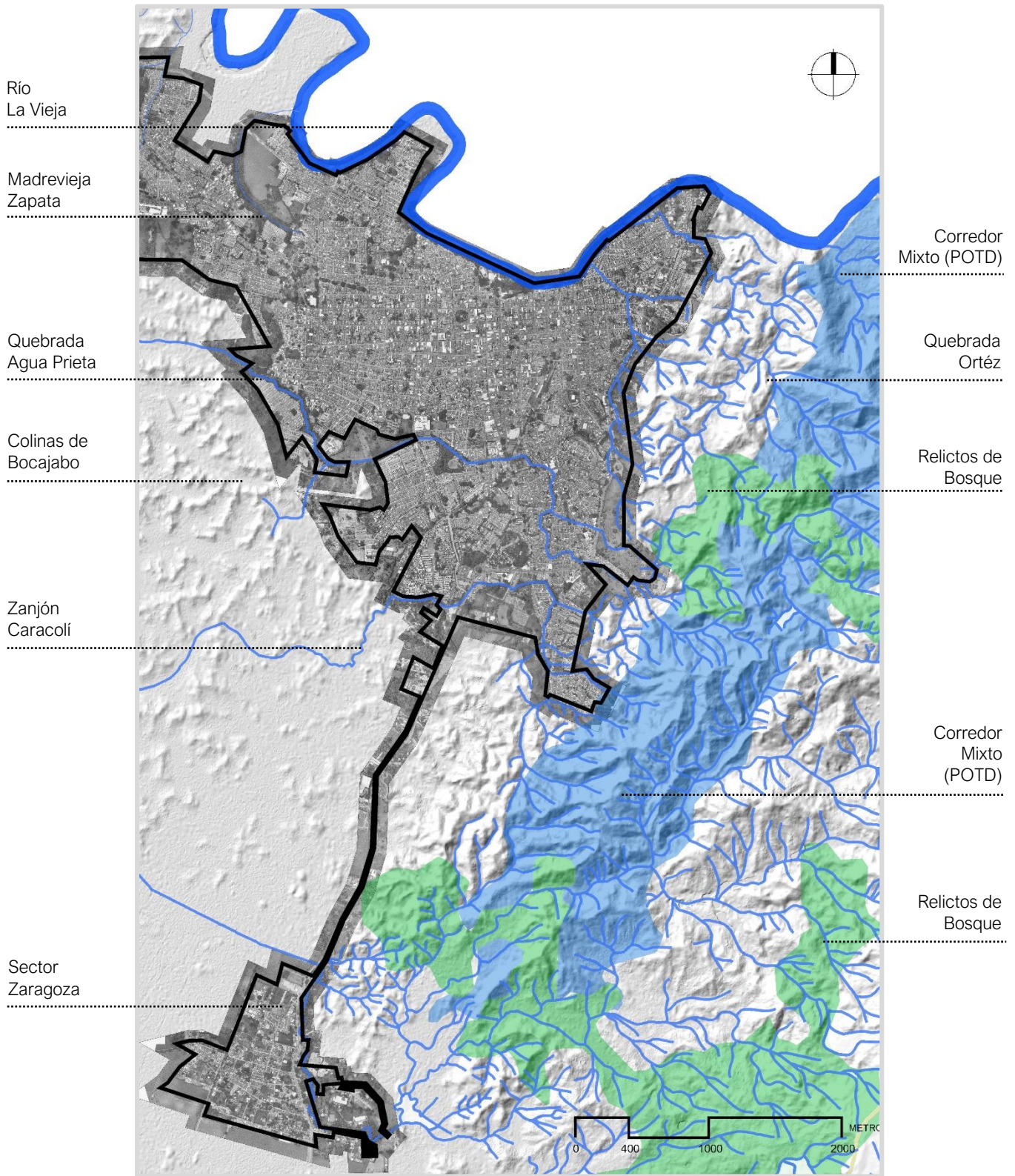


Figura 28. Conectividad Urbano-Rural – Sector Oriental

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 29 se identifican los elementos que conforman la estructura ecológica de la cabecera urbana de Cartago. En las Figuras 30-36 se presenta la estructura ecológica propuesta en diferentes sectores del área urbana.

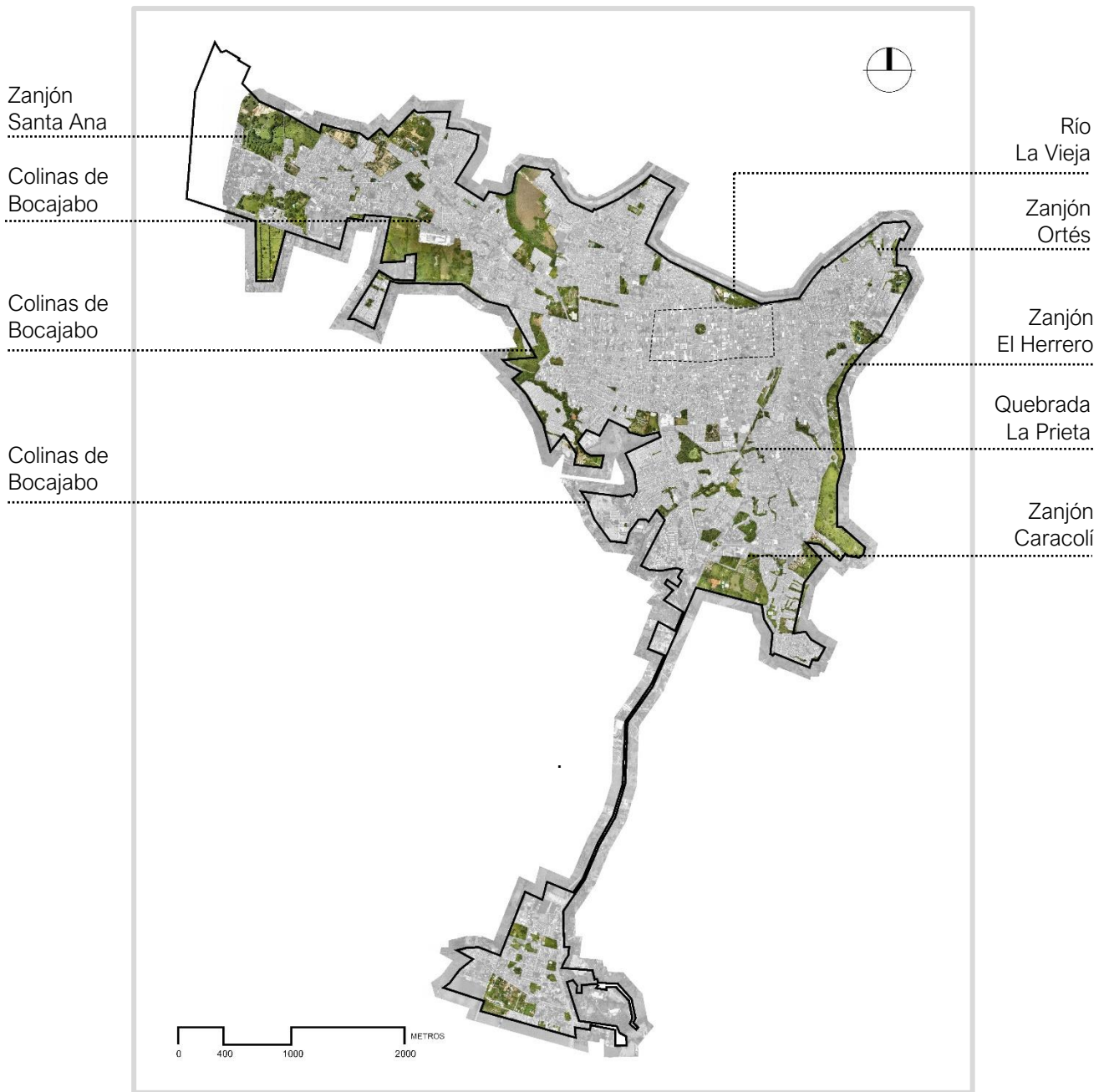


Figura 29. Elementos de la Estructura Ecológica Urbana

Para la cabecera urbana de Cartago, se identifican 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 se identifican en el diagnóstico del componente ambiental.
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 se identifican en el diagnóstico del componente urbano.
3. **Equipamientos de alto valor ambiental.** Son áreas de dominio privado que, por sus características ambientales, aportan a la generación de hábitat. Entre estos se identifican: Estación del Ferrocarril, Universidad del Valle, Club Campestre, Centro Recreacional Villasol Comfenalco, Condominio Campestre Los Lagos, Cementerio Central, Estación Principal de Policía, Institución Educativa Diocesana Juan XXIII, Colegio Nacional Académico, Colegio Técnico Comercial Diocesano Santa María, Complejo Deportivo Óscar Figueroa, Colegio María Auxiliadora, Distrito Militar No. 30, Colegio Técnico Industrial, Estadio Santa Ana, Cementerio La Ofrenda, Centro Recreativo Comfandi Santa Ana, Institución Educativa Diocesana Paulo VI.

Corredores

En la cabecera urbana de Cartago se identifican los siguientes corredores ecológicos: áreas ENEP del sistema hídrico (quebrada Agua Prieta, zanjón Santa Ana, zanjón Caracolí, río La Vieja, zanjón El Herrero, zanjón Ortéz). La vía férrea, por su parte, define un área de protección de 12.5 metros a ambos lados que podría fortalecerse como un corredor ecológico y espacio público. Los corredores viales Cartago-Zaragoza, carrera 4, carrera 2, calle 10, carrera 7, tienen el potencial de convertirse en corredores ecológicos a través de la plantación de árboles y la recuperación de zonas verdes. En la cabecera urbana de Cartago se identifica un déficit de corredores ecológicos que permitan la conectividad entre las áreas núcleo (áreas ENEP, 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 XX presenta el planteamiento general de Calles Verdes en la cabecera urbana.

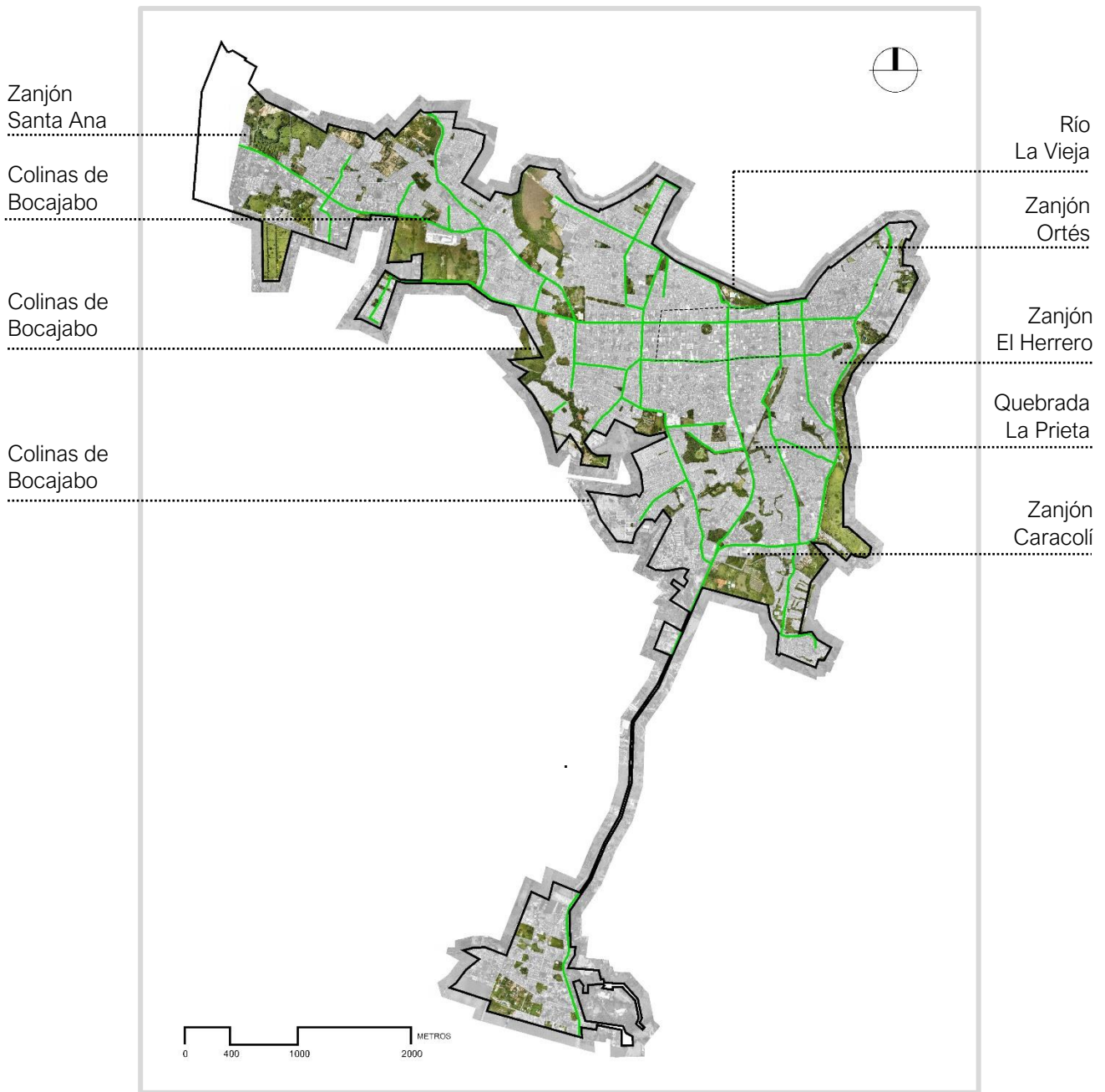


Figura 30. Calles Verdes – Propuesta General

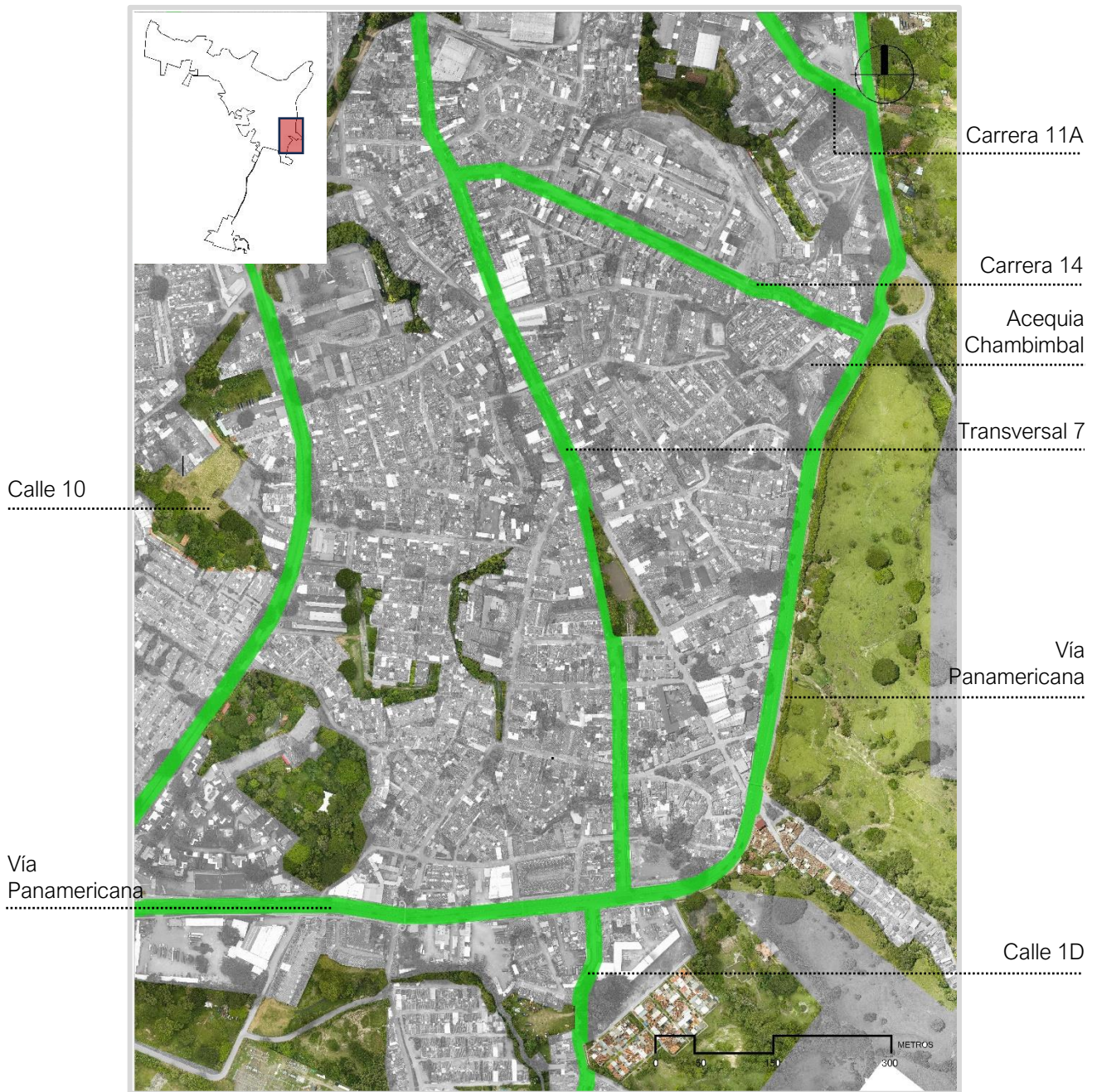


Figura 31. Calles Verdes – Sector Suroriental



Figura 32. Calles Verdes – Sector Sur

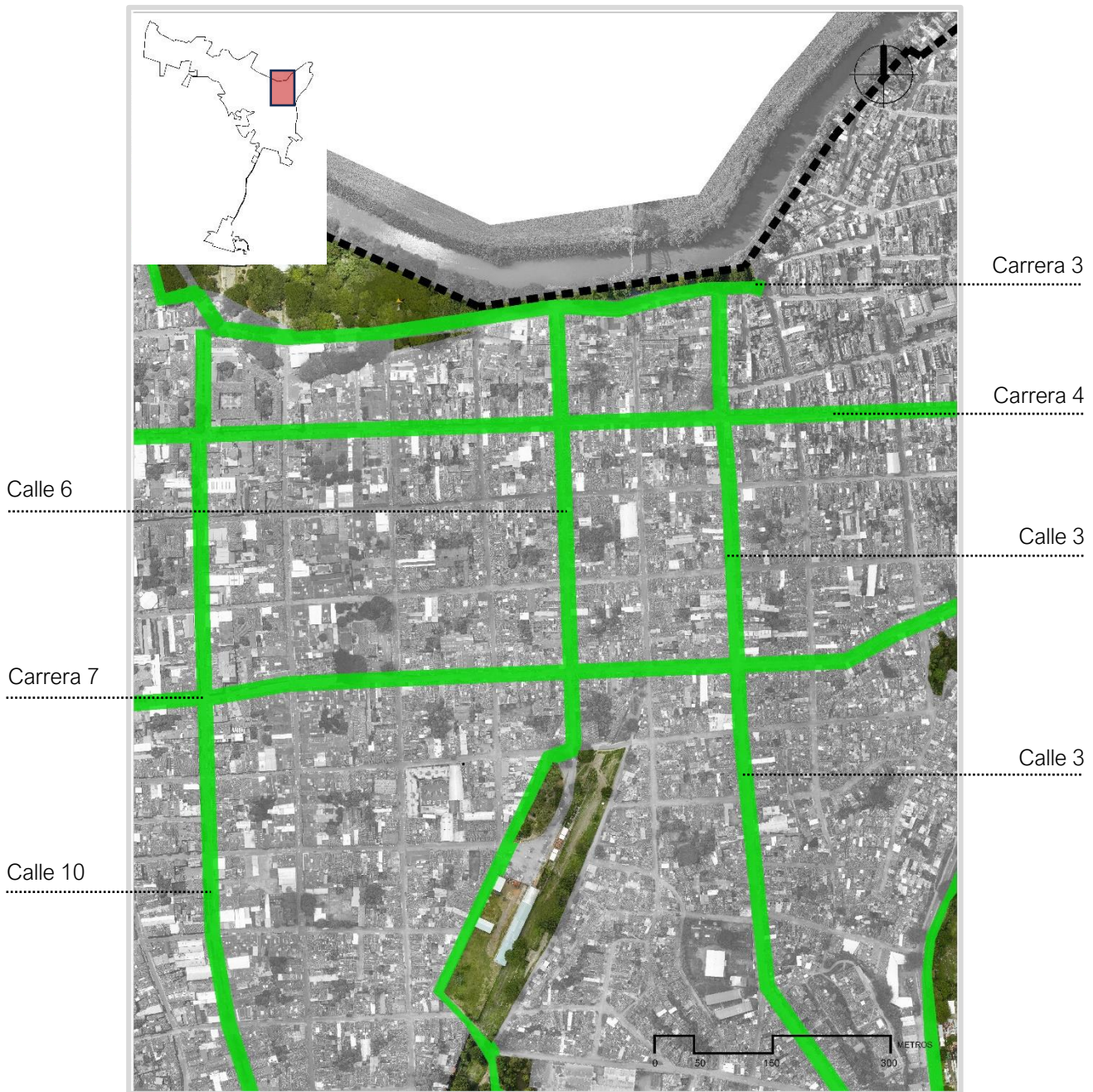


Figura 33. Calles Verdes - Sector Centro Oriente

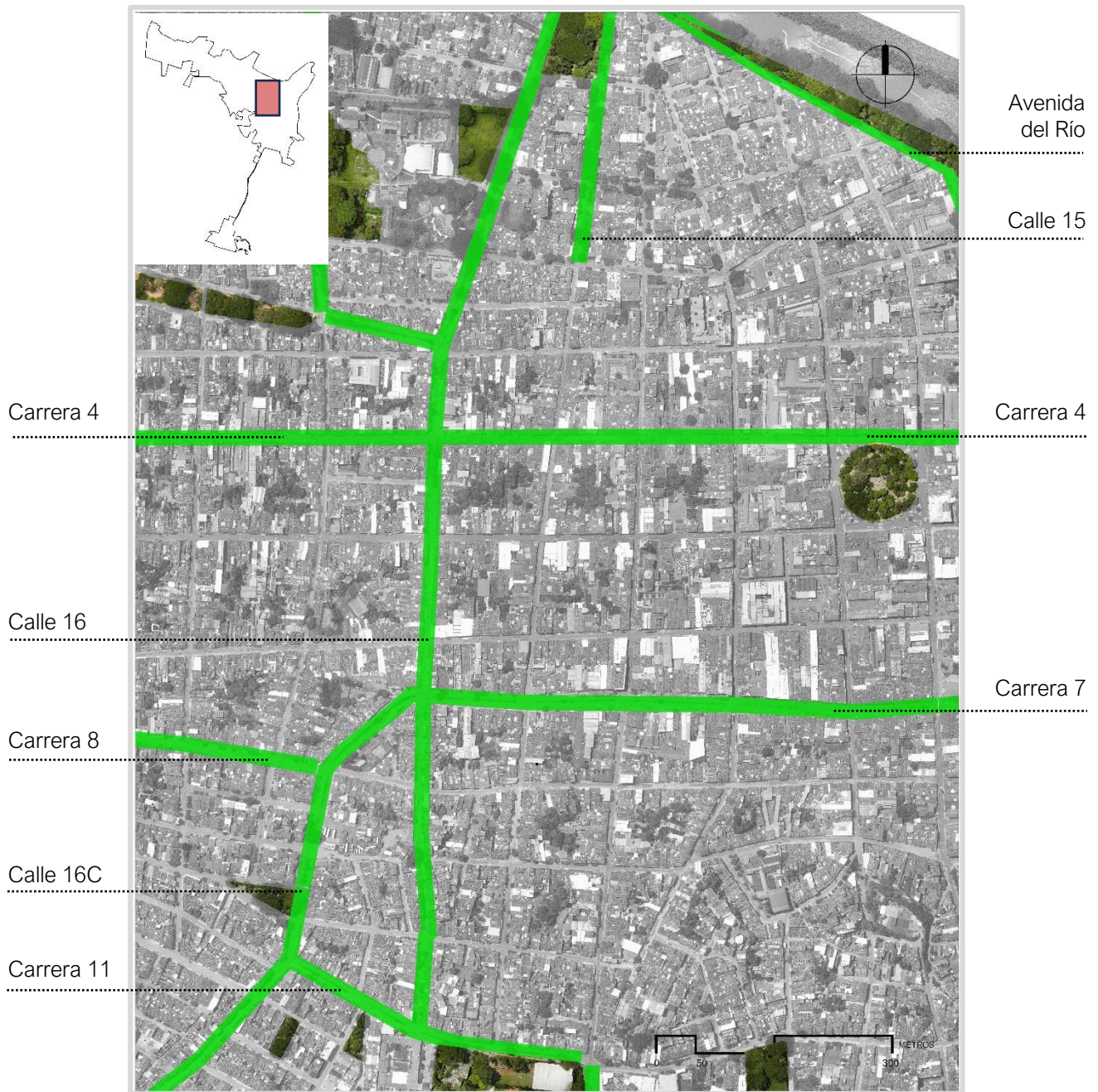


Figura 34. Calles Verdes – Sector Centro



Figura 35. Calles Verdes – Sector Sur



Figura 36. Calles Verdes – Sector Occidental



5.6. ÁREAS DEL SISTEMA OROGRÁFICO

Los lineamientos que se describen a continuación están dirigidos al sistema colinado ubicado en la parte oriental de la cabecera urbana de Cartago. Este sistema de colinas de baja altura se extiende desde el municipio de Sevilla, donde se desliga del cuerpo principal de la Cordillera Central, y se desarrolla en paralelo al río Cauca hasta llegar a Cartago. Hacia el oeste, forma la cuenca del río La Vieja, mientras que hacia el este comprende las cuencas de los ríos La Paila, Las Cañas, Los Micos y Obando. Este sistema colinado, de gran valor paisajístico, alcanza alturas cercanas a los 1.800 msnm en el municipio de Cartago.

Los lineamientos propuestos para el sistema orográfico pretenden armonizar las actividades productivas con la conservación del bosque y los servicios ecosistémicos asociados. Se busca establecer un equilibrio entre la producción y la preservación del ecosistema, permitiendo la coexistencia de diferentes usos productivos. Al seleccionar la vegetación para este corredor, es fundamental considerar dos aspectos clave: el vulcanismo en la Cordillera Central y la composición de los suelos en la zona.

El vulcanismo de la Cordillera Central influye en la vegetación terrestre local al aportar materiales como piroclastos y cenizas volcánicas. Es necesario seleccionar plantas específicamente adaptadas a áreas con acumulaciones de estos materiales. Además, los suelos de la región se ven influenciados por la Formación Zarzal, compuesta por diatomitas elevadas sobre el nivel de la llanura aluvial, lo cual genera problemas para la vegetación debido a la deficiencia nutricional de los suelos y su propensión a causar procesos de licuación. Esto implica la necesidad de elegir cuidadosamente la vegetación adecuada para Cartago.

Para el corredor de uso sostenible propuesto se deben considerar de forma prioritaria las siguientes especies: el cardón -de tallos largos arqueados y frutos rojos- (*Stenocereus humilis*), la penca (*Opuntia bella*), pringamoza (*Cnidosculus fistulosus*), *Capparis* sp., *Vallesia glabra*, la uña de gato (*Zantoxylum fagara*), el aroma (*Vachellia farnesiana*) presentes en suelos secos ejemplos típicos de vegetación subxerofítica. *Lantana trifolia*, *Lantana canescens*, la Majagua (*Pseudobombax septenatum*), aparecen representados en ciertas zonas. Cuando se siembra ceibas en los parques de esta región, crecen con deficiencias nutricionales, por lo cual en su remplazo debería pensarse en *Pseudobombax septenatum*.

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

La Figura 37 explica las posibilidades de tipos de siembra a lo largo del corredor de conservación propuesto para el sistema colinado localizado al oriente de la cabecera urbana de Cartago. 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 sombrío 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.

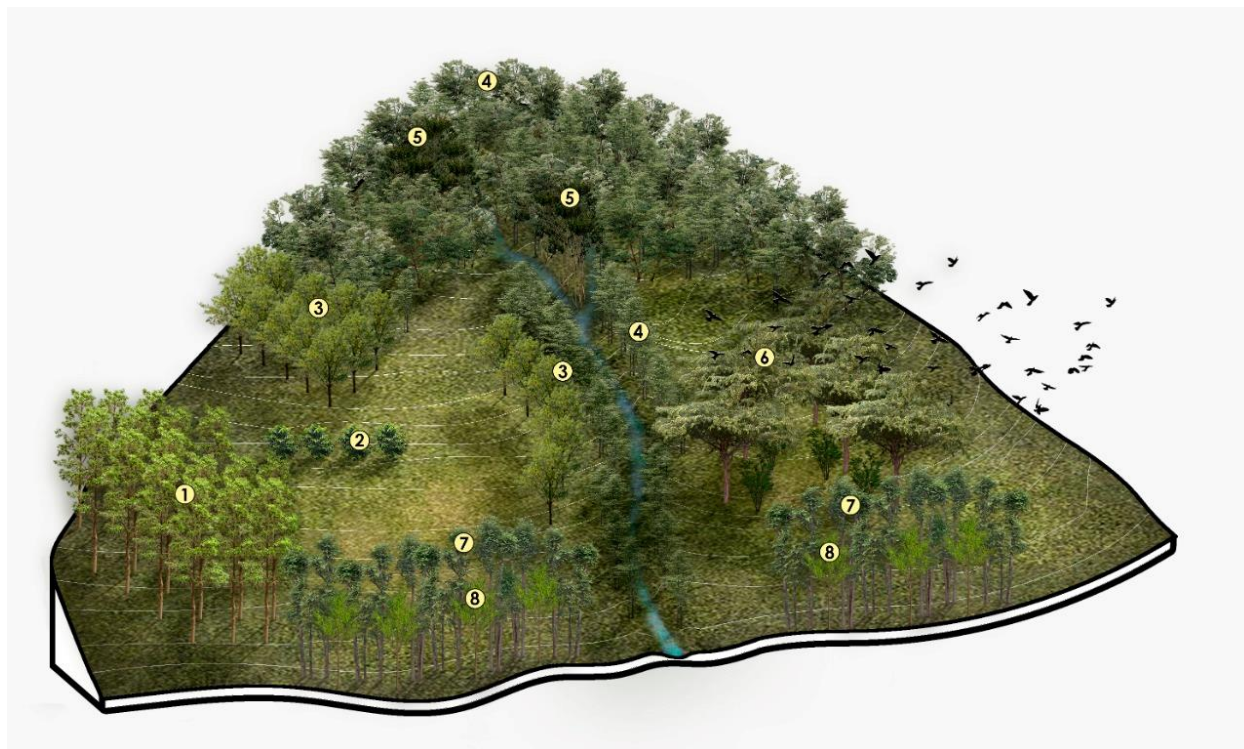


Figura 37. Tipos de Siembra de Acuerdo a las Necesidades de la Cuenca

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 soliflujión. 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 38. Plantación de Árboles en Zanjas De Infiltración

5.7. ÁREAS DEL SISTEMA HÍDRICO

Las áreas ENEP asociadas al sistema hídrico (Figura 39, Tabla 37) se clasificaron de acuerdo a su cobertura de suelo en tres categorías:

ELEMENTOS NATURALES DEL ESPACIO PÚBLICO (ENEP)	ÁREAS (ha)			
	TOTAL	PRESERVACIÓN	RESTAURACIÓN	CONSTRUIDO
Quebrada Agua Prieta	12.12	10.55	0.33	1.24
Zanjón Santa Ana	9.65	4.21	5.44	0
Zanjón Caracolí	6.04	2.92	1.22	1.9
Madrevieja Zapata	5.6	5.6	0	0
Río La Vieja	5.29	4.53	0	0.76
Zanjón El Herrero	4.66	3.88	0.35	0.43
Zanjón Ortés	1.49	1.49	0	0
TOTAL AREAS ENEP	44.85	33.18	7.34	4.33
PORCENTAJES	100%	74%	16%	10%

Tabla 37. 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 en 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.

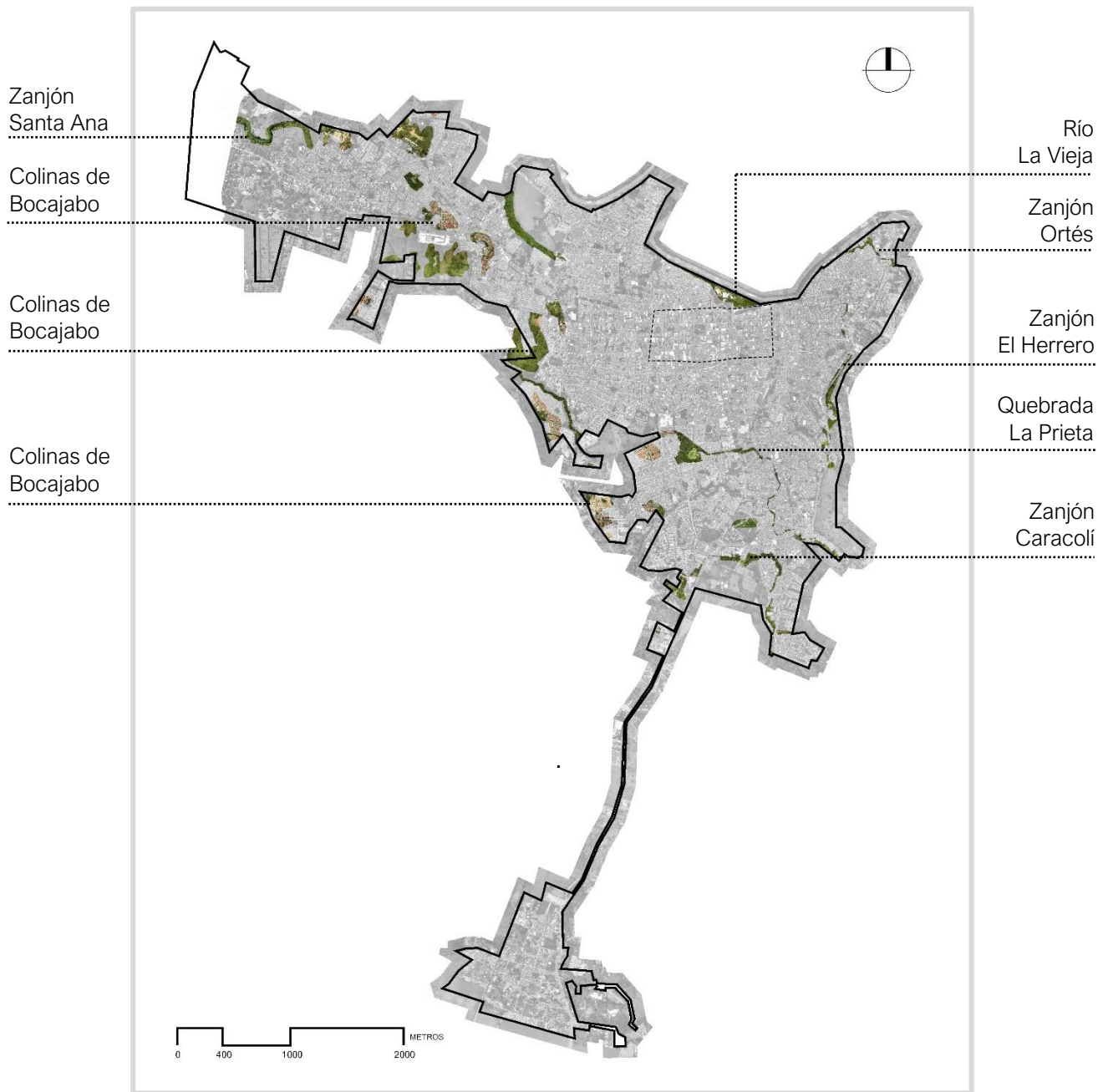


Figura 39. Localización de Áreas ENEP del Sistema Hídrico

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 Cartago, donde el zanjón Los Limones ha sido rectificadas y convertidas en canal revestidos de concreto a su paso por el perímetro urbano.

El diseño tradicional de canales de drenaje urbano (Figura 40), basado en canales trapezoidales revestidos en concreto y otros materiales impermeables, están diseñados para recolectar y drenar rápidamente la escorrentía 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 41) 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, conformando 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 40. Diseño Tradicional de Drenaje Urbano. Río Isar, Alemania
Fuente: <https://depositphotos.com/112622174/stock-photo-water-channel-of-river-isar.html>



Figura 41. Diseño Natural de Drenaje Urbano. Quebrada Chesapeake, EE.UU.
Fuente: <https://www.novaregion.org/1468/Stream-Corridor-Restoration>

Integrar el Curso de Agua e n 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 42. 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 que permite aumentar los servicios ecosistémicos del cuerpo de agua. 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 de ribera 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, y 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 43. 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 38-41 se presenta el listado de árboles y palmas de tamaño pequeño (3-8 m), mediano (8-15 m), grandes (15-25 m) y muy grandes (25-50 m), adaptadas para bosques asociados al sistema hídrico de la zona norte del valle alto geográfico del río Cauca,

En términos de forma, una 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 38-41) 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
Malpigiaceae	<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 38. 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, espino 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 39. 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 40. 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 41. 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

En la zona urbana de Cartago, caracterizada por suelos influenciados por el vulcanismo de la Cordillera Central y la Formación Zarzal, el diseño de parques debe considerar cuidadosamente la vegetación adecuada con el fin de promover su resiliencia ante el cambio climático y la protección de la biodiversidad local. A continuación, se presentan algunos lineamientos generales para su diseño:

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: Es necesario diseñar un sistema de riego que permita el uso eficiente del agua. Se pueden utilizar técnicas como el riego por goteo o la captación de agua de lluvia a través de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) 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 y 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.

Iluminación

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 42 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 42. Tipologías, Dimensiones y Características de las Calles

Calle Local Tipo 1



Figura 44. Calle Local Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta



*Figura 45. Calle Local Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual
Fuente: Google Street View*

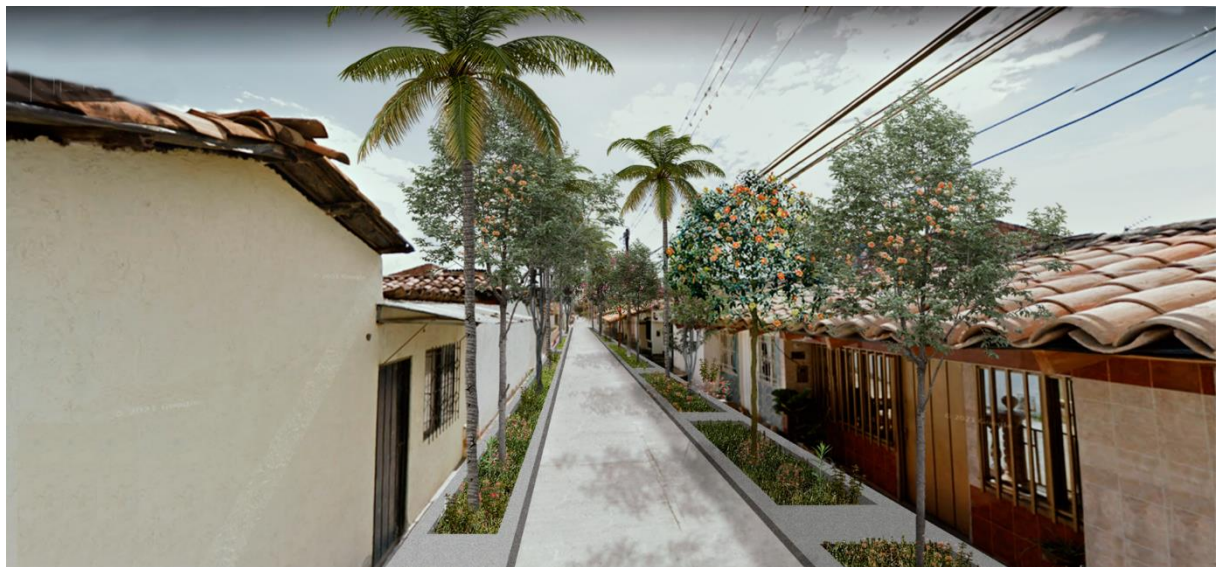


Figura 46. Calle Local Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto

Calle Local Tipo 2

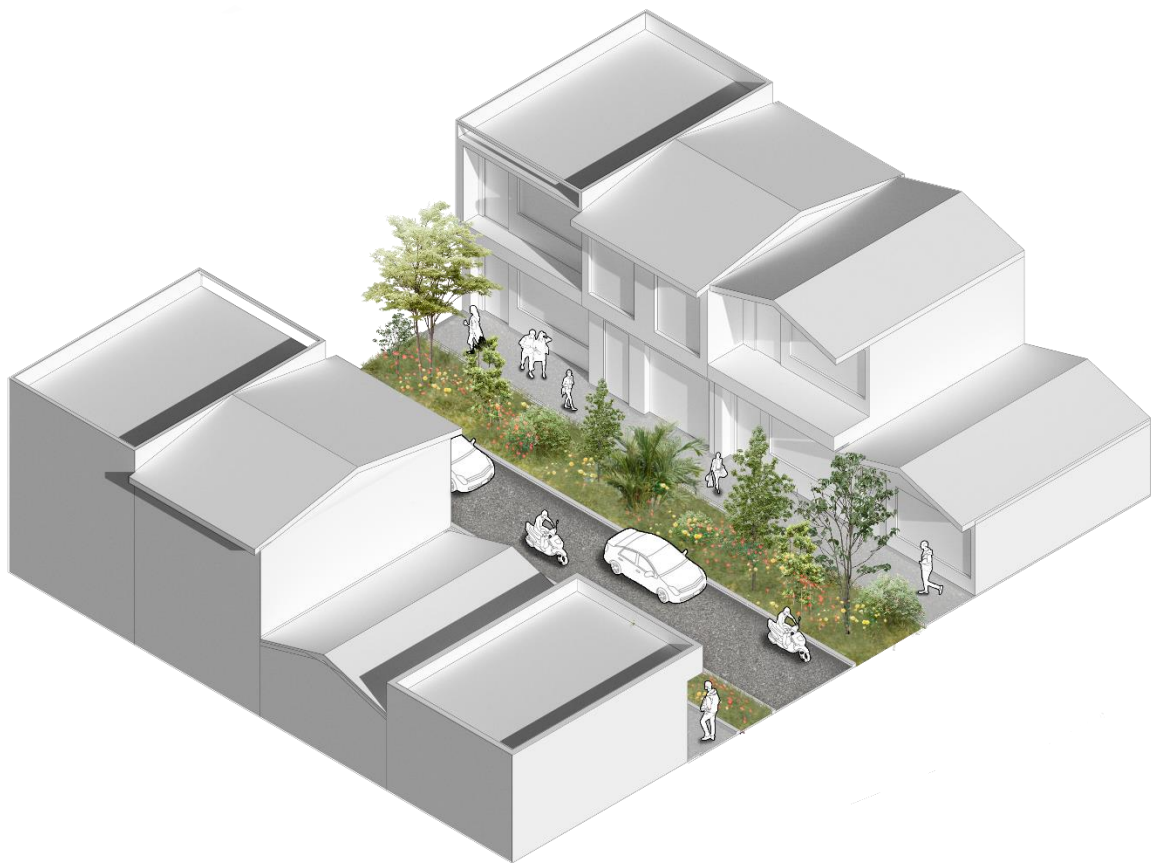


Figura 47. Calle Local Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta



*Figura 48. Calle Local Tipo 2 – Fotografía de la Situación Actual
Fuente: Google Street View*

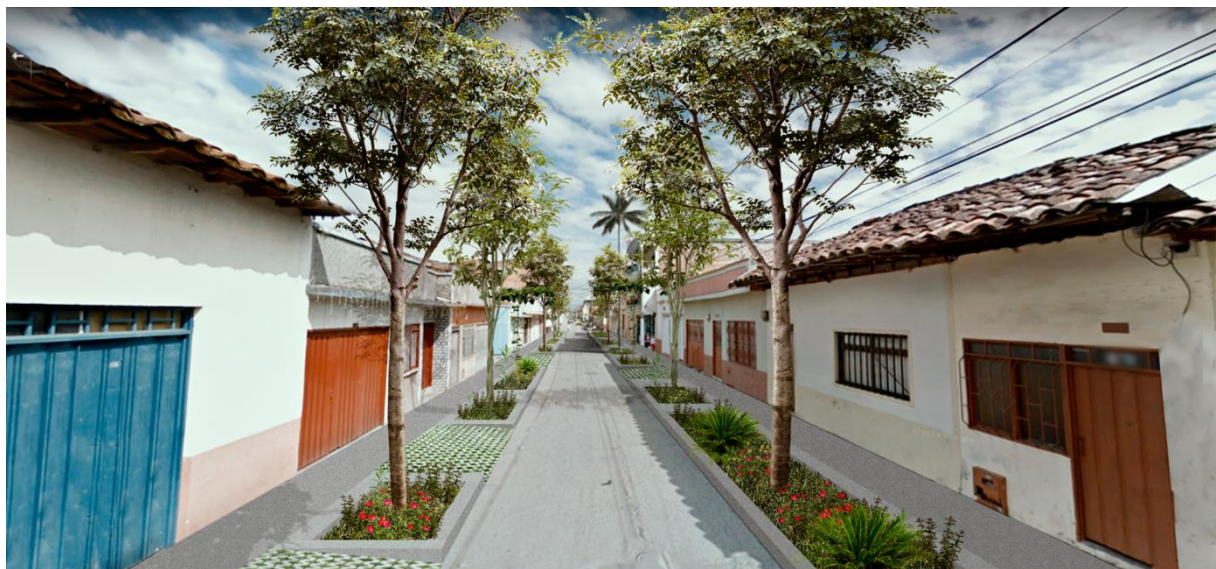


Figura 49. Calle Local Tipo 2 – Fotomontaje del Diseño Propuesto

Calle Local Tipo 3



Figura 50. Calle Local Tipo 3 - Axonometría y Sección de Propuesta



*Figura 51. Calle Local Tipo 3 – Fotografía de la Situación Actual
Fuente: Google Street View*

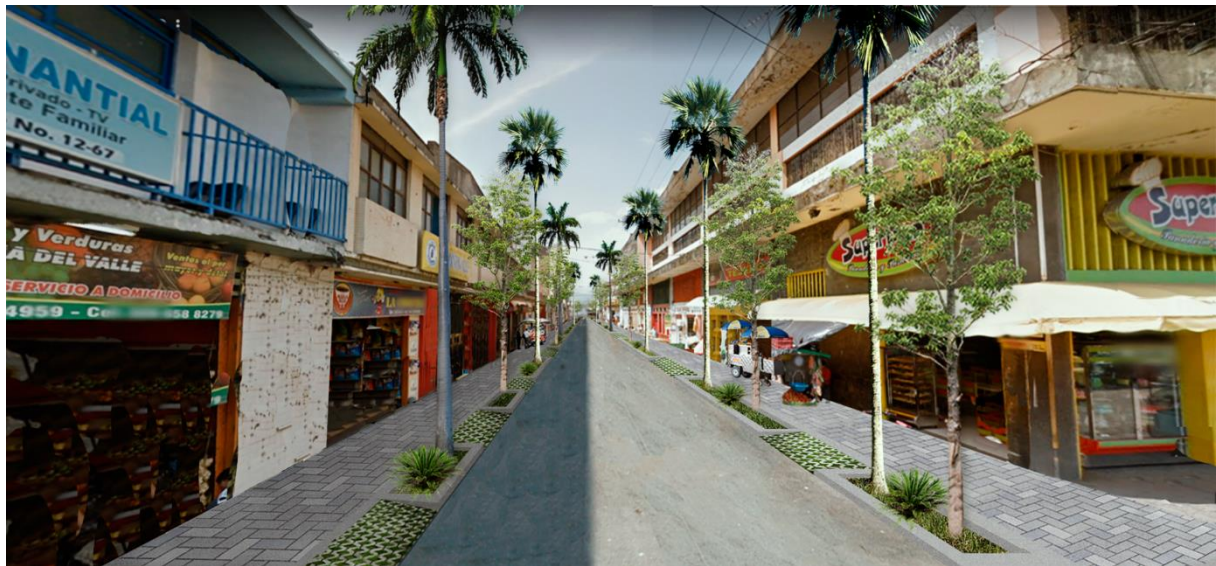


Figura 52. Calle Local Tipo 3 – Fotomontaje del Diseño Propuesto

Calle Local Tipo 4

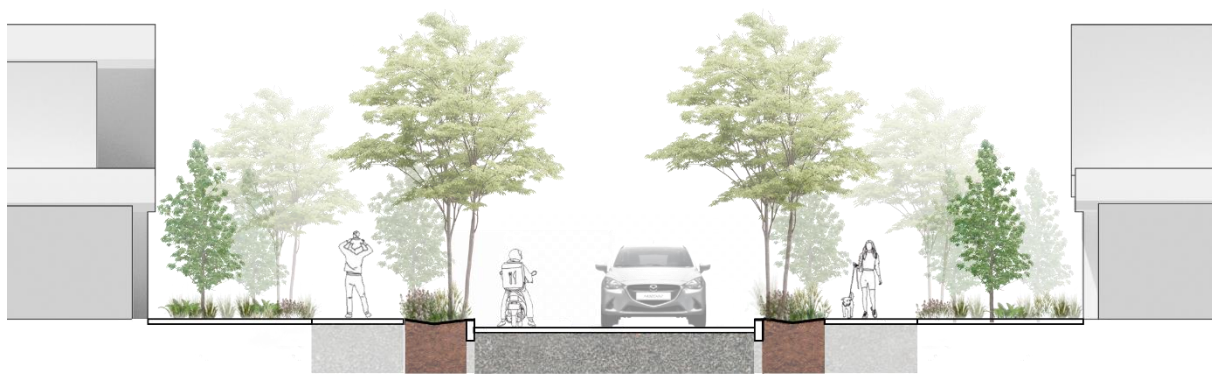


Figura 53. Calle Local Tipo 4 - Axonometría y Sección de Propuesta



*Figura 54. Calle Local Tipo 4 – Fotografía de la Situación Actual
Fuente: Google Street View*



Figura 55. Calle Local Tipo 4 – Fotomontaje del Diseño Propuesto

Vía Colectora Tipo 1

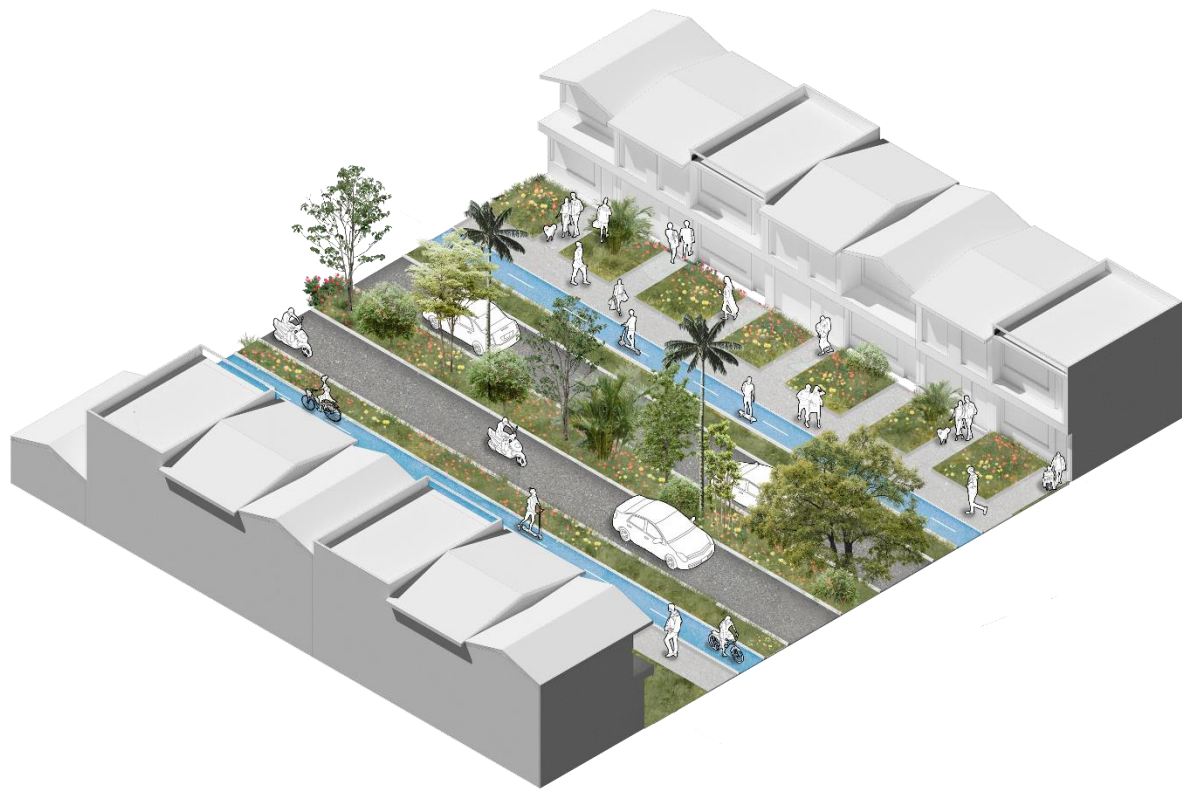


Figura 56. Vía Colectora Tipo 1 - Axonometría y Sección de Propuesta



*Figura 57. Vía Colectora Tipo 1 – Fotografía de la Situación Actual
Fuente: Google Street View*



Figura 58. Vía Colectora Tipo 1 – Fotomontaje del Diseño Propuesto

Vía Colectora Tipo 2



Figura 59. Vía Colectora Tipo 2 - Axonometría y Sección de Propuesta

Vía Arterial



Figura 60. Vía Arterial - Axonometría y Sección de Propuesta

5.10. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

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 43).

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 37 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 43. 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.

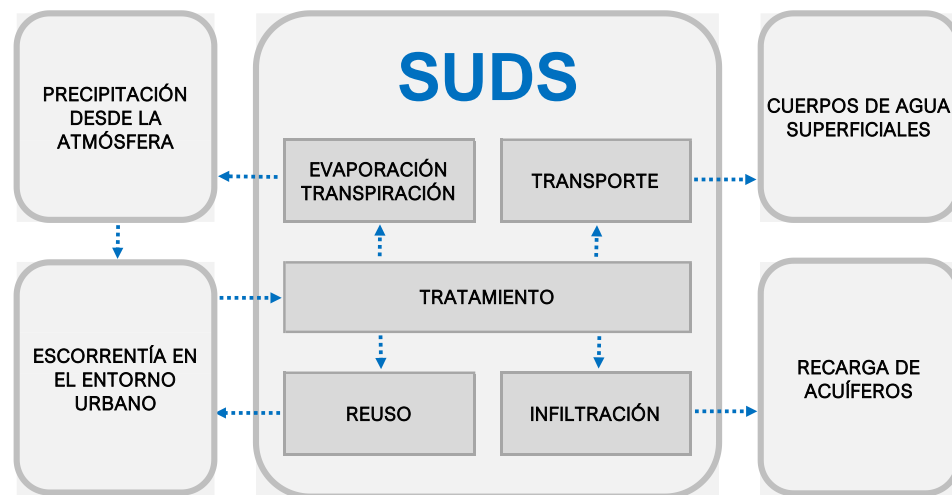


Figura 61. Modelo Conceptual de Drenaje Urbano a Través de SUDS

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 61). 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 44 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
Deposición atmosférica	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.
Tráfico vehicular (Emisiones)	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.
Tráfico vehicular (desgaste y corrosión)	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.
Tráfico vehicular (fugas y derrames)	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.
Basura / heces de animales	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.
Mantenimiento de vegetación y paisaje	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.
La erosión del suelo	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.
Actividades de limpieza	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.
Conexiones erradas de alcantarillado	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.
Eliminación de productos químicos y aceites	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 44. 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. 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, entre otros (Tabla 45).

COMPONENTES DE CALIDAD DE VIDA	DESCRIPCIÓN
CALIDAD DEL AIRE	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.
REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA	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.
BIODIVERSIDAD	Los SUDS contribuyen al bienestar de la flora y fauna en beneficio de las comunidades.
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CARBONO	Las plantas y los suelos absorben y almacenan CO ₂ 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.
COHESIÓN COMUNITARIA	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.
CRECIMIENTO ECONÓMICO E INVERSIÓN	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.
EDUCACIÓN	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.
SALUD Y BIENESTAR	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.
REDUCCIÓN DE RUIDO	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.
SEGURIDAD DEL SUMINISTRO DE AGUA	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.
RECREACIÓN	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 45. 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 62-63).

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.

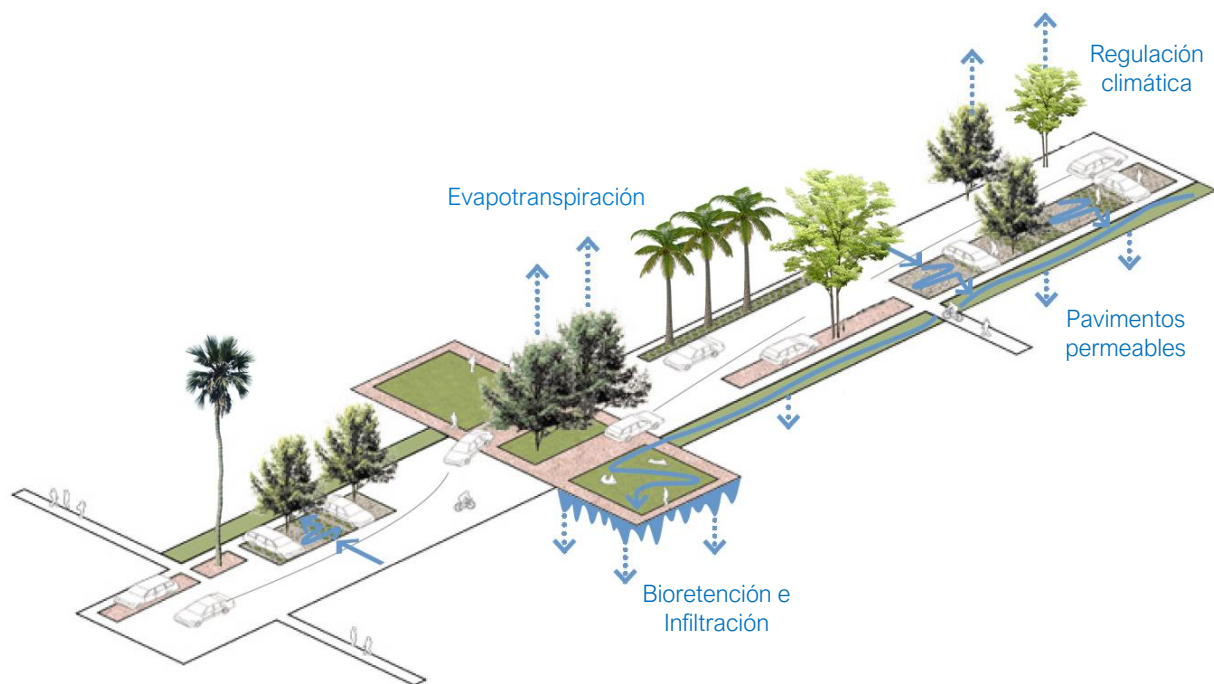


Figura 62. Alternativas de Implementación de SUDS en el Espacio Público
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

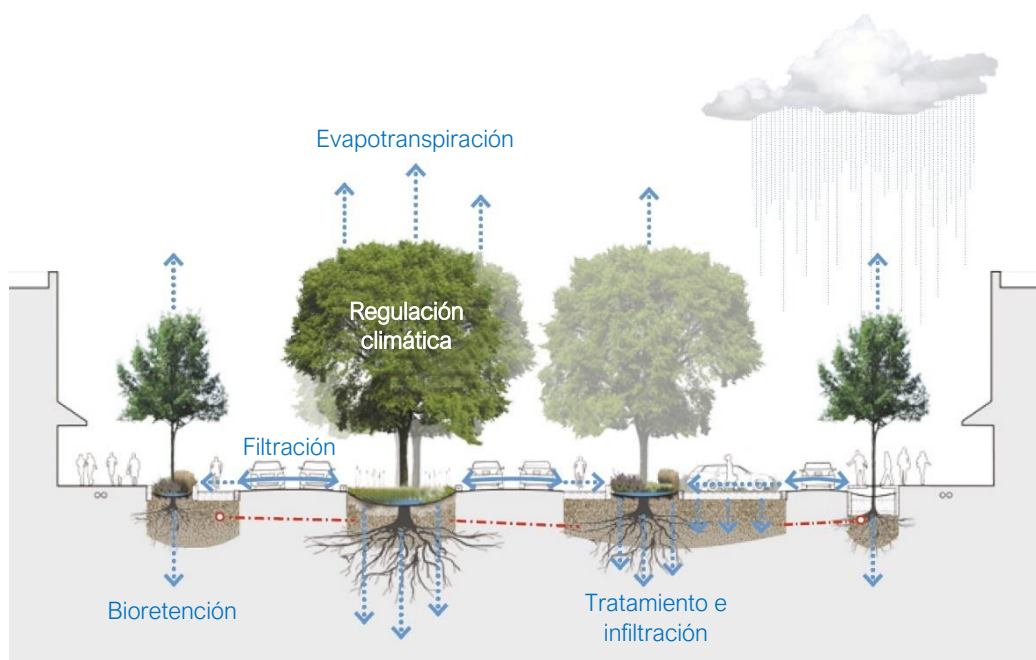


Figura 63. Procesos del Ciclo del Agua Proporcionados por los SUDS
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

Sistemas de Control en el Origen

Árboles

Los árboles reducen significativamente la escorrentía a través de los procesos de interceptación, 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 47 y 48 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 46), 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 46. 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 47. 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 48. Especies de Bosque Seco Tropical con Menor Escurrimiento Evitado
Fuente: Hirabayashi (2013)

Pavimentos Permeables

Los pavimentos permeables (Figura 64) 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 (Tabla 49).

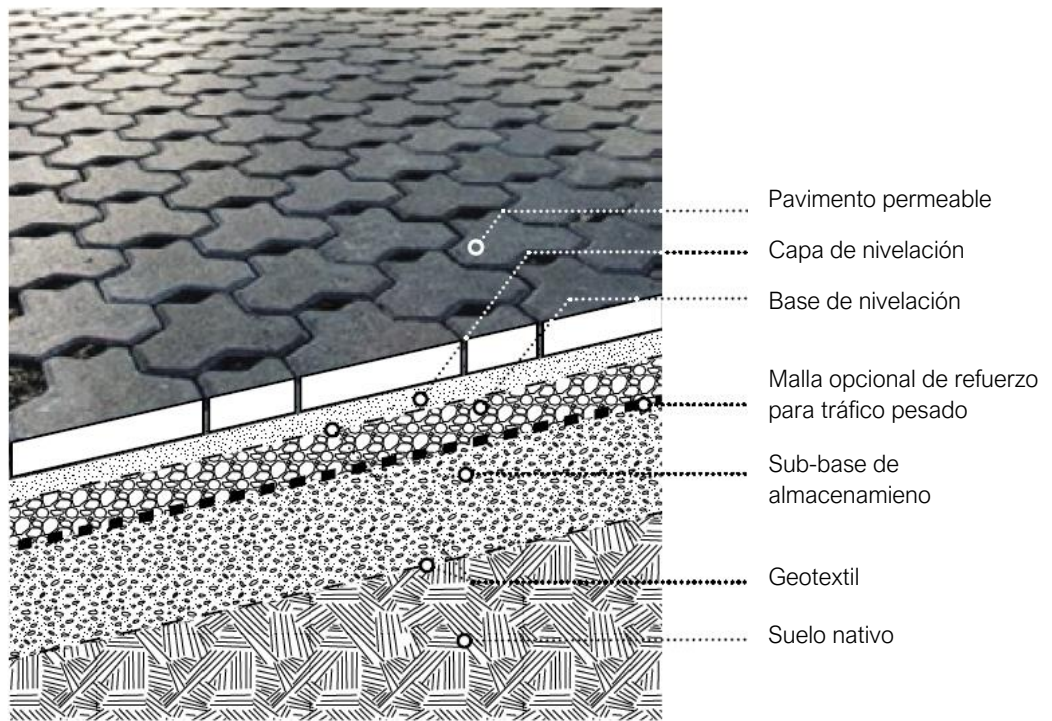


Figura 64. Pavimentos Permeables - Especificaciones Técnicas
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

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 49. Pavimentos Permeables - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

Sistemas de Bioretención

Los sistemas de bioretención (Figura 65) 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 (Tabla 50). Previa 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.

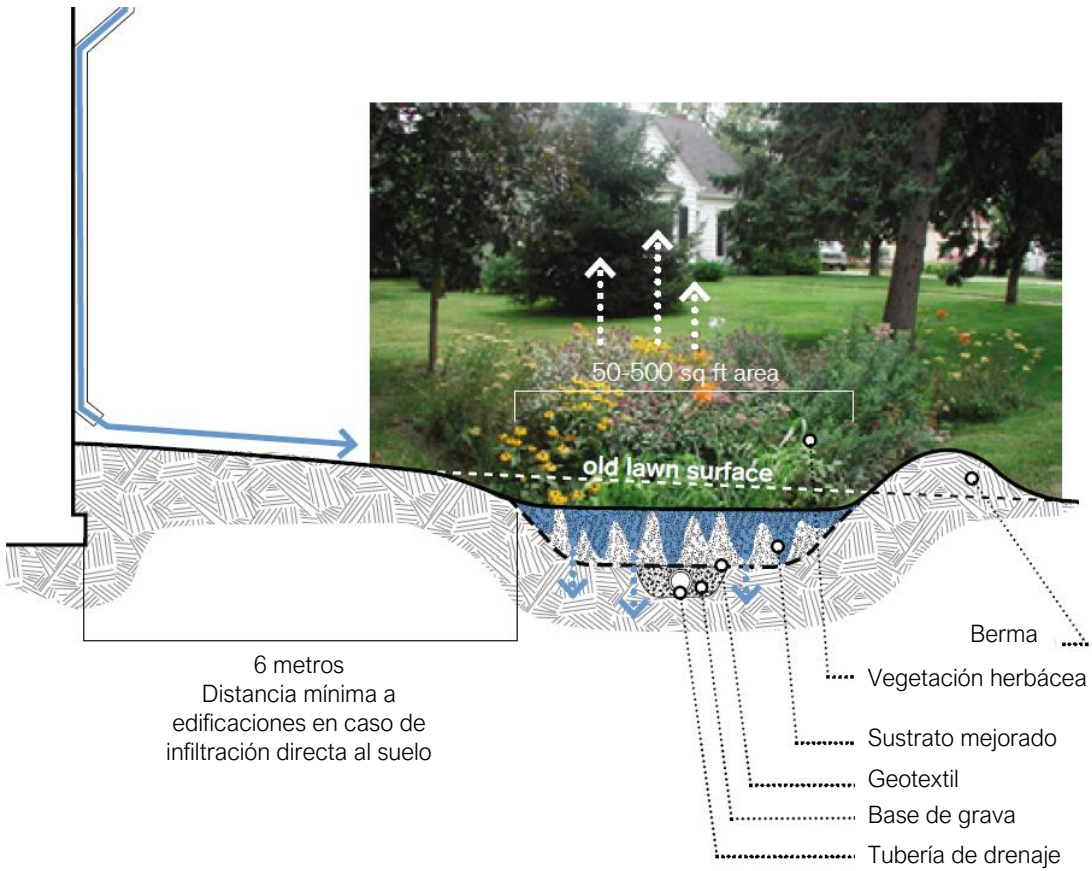


Figura 65. Sistemas de Bioretención - Especificaciones Técnicas
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

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 50. Sistemas de Bioretención - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

Sistemas de Infiltración

Los sistemas infiltración (Figura 66) 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 (Tabla 51). Parques y espacios abiertos son lugares ideales para implementar sistemas de infiltración.

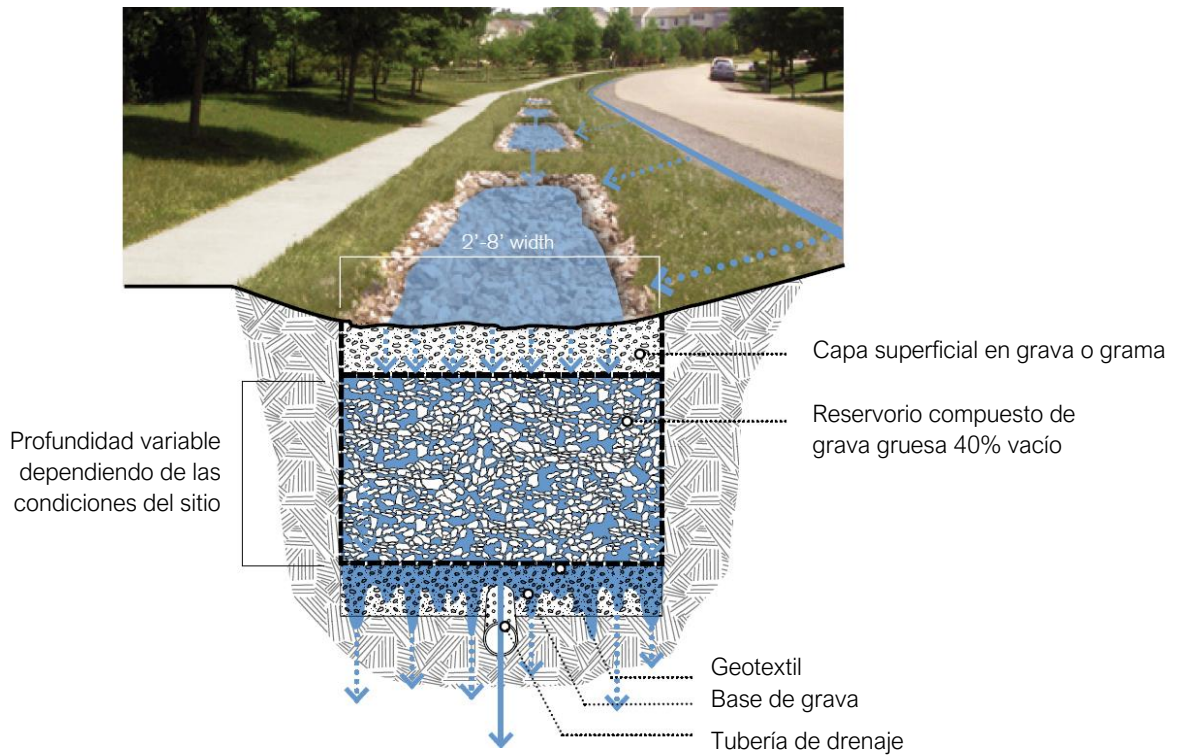


Figura 66. Sistemas de Infiltración - Especificaciones Técnicas
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

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 51. Sistemas de Infiltración - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

Sistemas de Almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento (Figura 67) 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 (Tabla 52).

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.

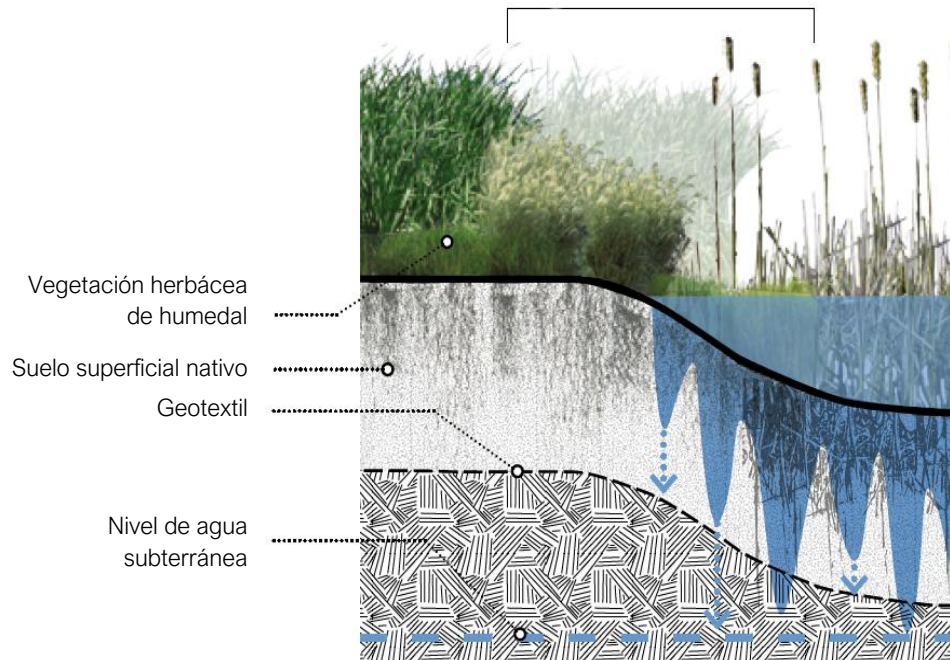


Figura 67. Humedales Artificiales - Especificaciones Técnicas
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

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 52. Humedales Artificiales - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento

Sistemas de Transporte

Los sistemas de transporte (Figura 68) cumplen la función de conducir de forma controlada el agua lluvia hacia 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 (Tabla 53). En calles locales, es posible incorporar estos sistemas en reemplazo o como complemento del sistema tradicional basado en tuberías subterráneas.

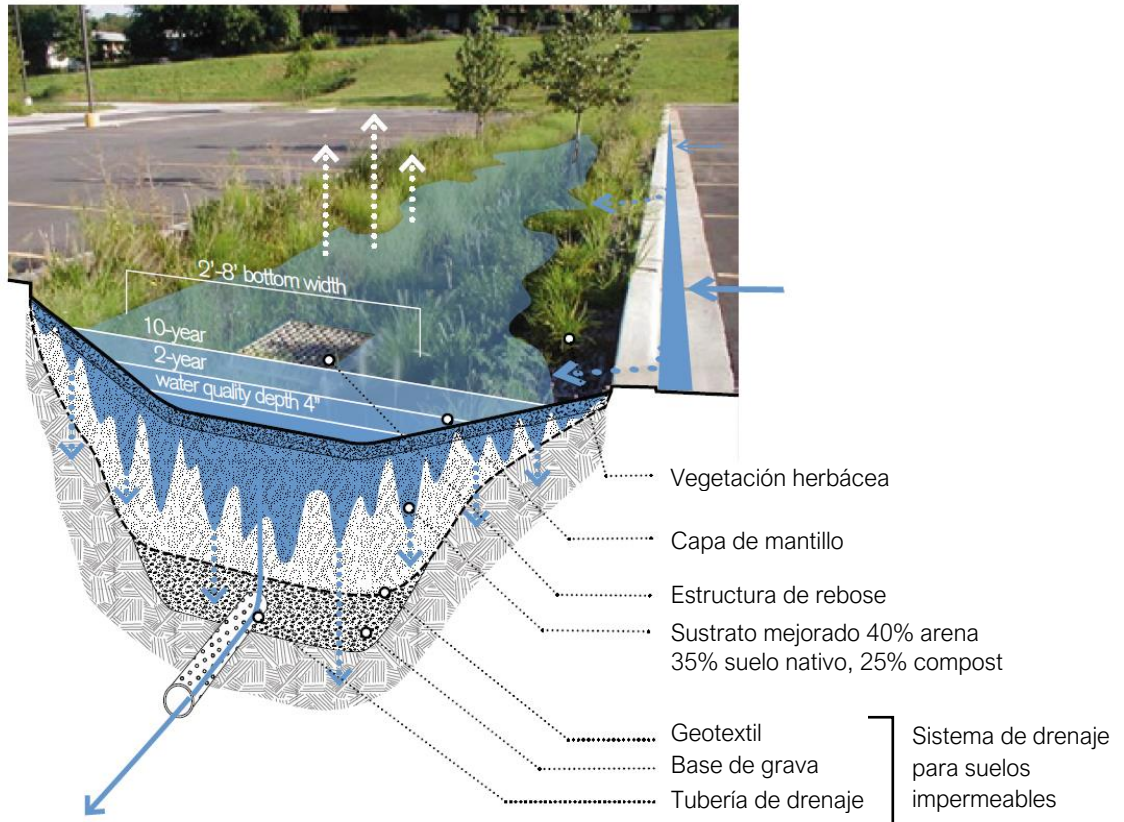


Figura 68. Cunetas Verdes - Especificaciones Técnicas
Fuente: Adaptado de Huber (2010)

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 53. Sistemas de Transporte - Adaptación al Espacio Público y Rendimiento



Banco de Occidente

Banco de Occidente

Banco de Occidente

CONCLUSIONES

El territorio de Cartago se caracteriza por una singularidad paisajística y ecológica que lo distingue dentro del contexto regional del Valle del Cauca. Esta particularidad se deriva de la coexistencia de diversos elementos biogeográficos. El sistema colinado situado en la parte oriental de la cabecera urbana desempeña un papel fundamental en términos de biodiversidad y estructura del paisaje. Esta formación orográfica se origina en el municipio de Sevilla, donde se desvincula del núcleo principal de la Cordillera Central, y sigue un trayecto paralelo al río Cauca hasta llegar a Cartago. Este sistema colinado posee un excepcional valor paisajístico y es determinante en la identidad visual de la región norte del Valle del Cauca.

El río La Vieja, con su distintivo curso sinuoso, aporta una dimensión fluvial al entramado paisajístico de Cartago, impulsando interacciones socio-ecológicas y esculpiendo las elevaciones colinadas circundantes. Este cauce no solo desempeña un papel crucial en la conservación de la biodiversidad local, sino que también ha sido un pilar en la trayectoria socioeconómica de la región. Finalmente, el sistema de Colinas de Bocajabo se destaca como un hito geográfico con profunda importancia ecológica y paisajística. Estas formaciones colinadas, más allá de su significado ecológico intrínseco, desempeñan un papel como moduladores del paisaje regional, ofreciendo panorámicas inigualables y sirviendo de refugio para una variedad de especies.

El sistema colinado de Bocajabo es el principal elemento natural de conexión entre lo urbano y lo rural, ya que atraviesa la cabecera urbana de sur a norte y conecta con el río Cauca y el río La Vieja. Este sistema es también un valioso recurso natural que ofrece un paisaje impresionante que imprime una identidad única al territorio de Cartago. Aprovechar el valor paisajístico del sistema colinado es una oportunidad para construir un sistema de espacios públicos que conecte la zona urbana con el sistema de colinas hacia el sureste y el río Cauca hacia el noroeste, respetando la topografía de las colinas. Asimismo, este proyecto fomenta el turismo rural y ecológico, y genera beneficios económicos para la comunidad local. Esto se puede lograr promoviendo la conservación y restauración del ecosistema de las colinas, y construyendo espacios públicos como senderos ecológicos o rutas de ciclismo, que permitan a los visitantes explorar el sistema colinado de manera respetuosa con el ecosistema. Lo importante es conectar a la población urbana con este patrimonio natural, al tiempo que se promueve su uso sostenible y conservación.

Otro elemento de gran importancia para el desarrollo sostenible de Cartago es el corredor de producción sostenible, también conocido como Corredor Mixto, que ha sido planteado en el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD). Este corredor se encuentra ubicado en la serranía ubicada al oriente de la cabecera urbana, y ofrece una oportunidad para que la zona urbana se articule con la producción agrícola sostenible. La presencia del corredor de producción sostenible es fundamental para el desarrollo sostenible del territorio, ya que permite fomentar la producción agrícola mediante prácticas agroecológicas y la protección de la biodiversidad. Además, la conexión entre la zona urbana y rural puede ser una oportunidad para el desarrollo de la economía local.

La planificación de la relación entre la ciudad y el río La Vieja es esencial para garantizar la sostenibilidad de la zona urbana. La pérdida de la ribera forestal y la contaminación del río constituyen un problema en términos de conservación del ecosistema y su biodiversidad. Para recuperar zonas que todavía pueden ser refugios de biodiversidad asociada al río, es importante recuperar el área forestal protectora como borde de espacio público que haga visible para la comunidad y el turismo el acceso a un bosque con posibles zonas de inundación del río. Este borde debe ser un espacio multifuncional, que incluya zonas verdes y de descanso, senderos para caminar o andar en bicicleta, áreas de observación de aves y vida silvestre.

Los zanjones Agua Prieta, Santa Ana Caracolí y otras derivaciones menores constituyen el recurso hídrico principal de la ciudad. Es fundamental convertir los zanjones en elementos articuladores de los espacios públicos a lo largo de su trayecto, integrándolos como componentes esenciales del paisaje local. Estos corredores verdes deben incluir senderos y conectar con otros espacios abiertos y equipamientos. Las viviendas situadas en la zona del zanjón podrían adaptarse para ofrecer usos complementarios al espacio público, enriqueciendo el entorno a lo largo del curso de agua.

Como estrategia para reforzar la estructura ecológica urbana, es crucial 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, dominada principalmente por la especie ébano (*Geoffroea spinosa* Jacq.). 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 Cartago, 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 Cartago resulta crucial, teniendo en cuenta que la ciudad está situada 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 Cartago 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 su integración en el 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.

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-Proagua. (2010). Formulación del plan de manejo ambiental del Humedal La Zapata, Cartago, Valle del Cauca,

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 (2019). Caracterización de la Calidad Ambiental Urbana - Municipio de Cartago, 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
- DNP (2021). Departamento Nacional de Planeación. Revisión y Ajuste al Plan de Ordenamiento Territorial de Cartago. Documento Técnico de Soporte.
- 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.

- 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-ecosistemas/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

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*.