

2021

INFORME
CENSO ARBÓREO
CABECERA MUNICIPAL

ZARZAL

Rev.	Fecha	Elaborado por firma/nombre	Revisado por firma/nombre	Aprobado por firma/nombre	Descripción	Estado
1	29-oct-2021	Euseppe Ortiz Coordinador SIG – CITCE	Gabriel Fernández Grupo Gestión Forestal Sostenible – Dirección Técnica Ambiental	Arelix Ordoñez Grupo Gestión del Riesgo y Cambio Climático – Dirección Técnica Ambiental	Versión final	Aprobado

**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ARBOLADO URBANO DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE ZARZAL - VALLE DEL CAUCA COMO PARTE
DEL CONVENIO 141 DE 2020 SUSCRITO ENTRE LA CVC Y LA UNIVERSIDAD
DEL VALLE**

**INFORME TÉCNICO
OCTUBRE DE 2021**



Proyecto: Formulación de (8) programas de mejoramiento de los Elementos naturales del espacio público (ENEP) y Arbolado urbano en 8 cabeceras municipales del Valle del Cauca.

Convenio Interadministrativo 141-2020
Suscrito entre CVC y la Universidad del Valle - CITCE

ESCALA SIN	FORMATO CARTA	ARCHIVO Informe técnico zarzal.pdf	REFERENCIA Versión 1	HOJA 1
---------------	------------------	---------------------------------------	-------------------------	-----------

EQUIPO DE TRABAJO

Director del Proyecto

Ricardo Hincapié
Director del CITCE

Robert Tulio González
Coordinador Ambiental

Luis Euseppe Ortiz
Coordinador SIG

Leonardo Álvarez - Asesor entomología

Manuel Peláez - Asesor fitopatología

Carlos Devia - Asesor silvicultura

Iván Gafaro - Profesional de apoyo

Leidy prado – Trabajadora social

Nataly Reyes – Diseñadora gráfica

Carlos Valencia – Fotógrafo

Derlyn Solano - Supervisor de campo

Ray Martínez - Profesional apoyo SIG

Cristian Rico - Profesional apoyo SIG

José Chacón - Profesional de campo

Martha Orozco - Auxiliar de campo

EQUIPO DE TRABAJO CVC

Arelix Andrea Ordoñez Franco
Supervisora

Gabriel Fernández Vargas
Profesional comité técnico

Andrés Felipe Trujillo Orrego
Profesional comité técnico

Carmen Liliana Arenas Quiñones
Profesional comité técnico

Juan Guillermo Arias
María Victoria Cross
Profesional DAR BRUT



UNIVERSIDAD DEL VALLE

La Universidad del Valle, fundada en 1945, es una de las tres universidades públicas más importantes de Colombia y la más destacada del suroccidente del país. Su sede principal está ubicada en la ciudad de Cali y cuenta además con nueve sedes regionales a lo largo del departamento del Valle del Cauca, de acuerdo con la estrategia regional y las necesidades específicas de desarrollo social y económico que la caracterizan por ser la universidad pionera de la región.

www.univalle.edu.co



CITCE

El Centro de Investigaciones Territorio, Construcción y Espacio - CITCE, de la Universidad del Valle, desde 1985 ha llevado a cabo proyectos dentro de las disciplinas del patrimonio, el urbanismo, la arquitectura y la construcción, aportando al conocimiento de la historia y al desarrollo territorial de la región del litoral Pacífico y el suroccidente colombiano.

citce.correounivalle.edu.co



CVC

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, creada en 1954, es la entidad encargada de administrar los recursos naturales renovables y el medio ambiente del Valle del Cauca, que como máxima autoridad ambiental y en alianza con actores sociales propende por un ambiente sano, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la población y la competitividad de la región en el marco del desarrollo sostenible.

www.cvc.gov.co

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	10
<i>Objetivo general</i>	10
<i>Objetivos específicos</i>	10
3. PRODUCTOS ENTREGABLES	10
4. GLOSARIO	11
5. METODOLOGÍA	14
<i>Definición de atributos del censo</i>	14
<i>Delimitación del área de trabajo</i>	16
5.1 ETAPA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA	19
<i>Georreferenciación de cada individuo</i>	21
<i>Evaluación de sanidad (fitosanitaria y entomológica)</i>	24
5.2 POSTPROCESAMIENTO	25
<i>Asociación de atributos por especie</i>	25
<i>Cálculo de alturas</i>	26
<i>Revisión diámetro de copas</i>	28
<i>Código único identificador del individuo en el Valle del Cauca</i>	29
5.3 VALIDACIÓN Y REVISIÓN	30
<i>Etapa de validación y análisis de la información</i>	31
<i>Verificación en campo</i>	32
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CENSO ARBÓREO	35
6.1 TAXONOMÍA	35
<i>Composición florística</i>	35
<i>Etapa de desarrollo</i>	40
<i>Condición</i>	40
<i>Tipo (arbusto/árbol/palma)</i>	41
6.2 ANÁLISIS ESPACIAL	42
<i>Distribución espacial de individuos censados</i>	42
6.3 INDICADORES DE DENSIDAD ARBÓREA	43
<i>Indicador árboles por hectárea</i>	43
<i>Indicador árboles por metro cuadrado (vías principales) Arbolado en vías principales</i>	44
<i>Indicador habitantes por árbol (cabecera municipal)</i>	45
<i>Indicador habitantes por árbol (barrio)</i>	47
6.4 VARIABLES DASOMÉTRICAS	50
<i>Diámetro a la altura del pecho (DAP)</i>	50
<i>Altura total</i>	51
<i>Diámetro de copa</i>	51

<i>Inclinación</i>	52
6.5 EMPLAZAMIENTO	54
<i>Confinamiento</i>	54
<i>Emplazamiento</i>	54
6.6 ESTADO FITOSANITARIO PRESUNTIVO	55
<i>Grado de estrés</i>	55
<i>Incidencia y severidad de patógenos</i>	57
<i>Patógenos reportados</i>	60
<i>Especies arbóreas más afectadas por enfermedades</i>	62
<i>Síntomas de enfermedades</i>	63
<i>Localización de síntomas de enfermedades a nivel de raíz, tallo y follaje</i>	65
<i>Vigorosidad</i>	67
6.7 ESTADO ENTOMOLÓGICO PRESUNTIVO	68
<i>Insectos plaga</i>	69
<i>Estructuras afectadas</i>	71
<i>Daños asociados</i>	72
<i>Moluscos plaga</i>	74
6.8 CONDICIÓN GENERAL	75
<i>Revisión física</i>	75
<i>Amenazas</i>	76
<i>Contacto redes aéreas</i>	78
<i>Árboles Hito (Emblemáticos)</i>	78
7. LINEAMIENTOS DE MANEJO SILVICULTURAL	81
<i>Intervención silvicultural</i>	81
<i>Individuos muertos y tocones</i>	86
<i>Prevención fitosanitaria</i>	88
<i>Prevención entomológica</i>	93
<i>Arbolado urbano y contribución al bienestar de la población</i>	98
8. INDIVIDUOS EN ESPACIO PUBLICO DECRETO 1077 DE 2015	103
<i>Distribución espacial de individuos (Decreto 1077 de 2015)</i>	104
<i>Emplazamiento (Decreto 1077 de 2015)</i>	105
<i>Alturas (Decreto 1077 de 2015)</i>	106
9. RESULTADOS REVISIÓN DE CAMPO	107
<i>Ajuste y corrección de información</i>	107
10. CONCLUSIONES	110
11. RECOMENDACIONES	111
AGRADECIMIENTOS	112
REFERENCIAS	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Atributos del censo definidos para cada individuo.	14
Tabla 2. Detalle sectores excluidos del censo arbóreo.	18
Tabla 3. Listado total de especies encontradas en el censo arbóreo.	35
Tabla 4. Etapa de desarrollo en el municipio.	40
Tabla 5. Condición de las especies.	41
Tabla 6. Clasificación de la cobertura arbórea según su tipo.	41
Tabla 7. Indicador habitantes por árbol en algunas cabeceras municipales.	46
Tabla 8. Distribución del número de individuos por rangos de DAP en la cabecera municipal.	50
Tabla 9. Distribución del número de individuos por rangos de altura en el municipio.	51
Tabla 10. Distribución del número de individuos por rangos de diámetro de copa en el municipio.	52
Tabla 11. Grado de inclinación de los árboles.	53
Tabla 12. Orientación de Inclinación de los árboles.	53
Tabla 13. Confinamiento de los árboles censados en el municipio.	54
Tabla 14. Tipo de emplazamiento en la cabecera municipal.	55
Tabla 15. Cantidad de individuos por grado de estrés.	56
Tabla 16. Cantidad de individuos según la vigorosidad.	67
Tabla 17. Primeras 10 especies arbóreas con vigorosidad mala.	68
Tabla 18. Número de individuos según el tipo de daños asociados.	72
Tabla 19. Distribución de tipos de daños según el tipo de especie.	74
Tabla 20. Tipo de afectación encontrada en la cobertura arbórea.	76
Tabla 21. Árboles en contacto con redes aéreas.	78
Tabla 22. Intervenciones recomendadas por número de individuos.	82
Tabla 23. Porcentaje de individuos muertos y tocones.	86
Tabla 24. Tipo de emplazamiento.	87
Tabla 25. Individuos frutales de la familia Anacardiaceae.	99
Tabla 26. Individuos frutales de la familia Rutaceae.	99
Tabla 27. Individuos frutales de la familia Annonaceae.	99
Tabla 28. Individuos arbóreos de la familia Myrtaceae.	100
Tabla 29. Individuos frutales de diferentes familias.	100
Tabla 30. Especies de usos especiales identificados en el censo.	101
Tabla 31. Palmas y usos identificadas en el censo.	102
Tabla 32. Emplazamientos considerados dentro del Decreto de 1077 de 2015.	104
Tabla 33. Tipo de emplazamiento en la cabecera municipal.	105
Tabla 34. Clasificación de individuos y número de individuos según Decreto 1077 de 2015.	106
Tabla 35. Versiones de ajuste y entrega.	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de trabajo para el municipio de Zarzal.....	17
Figura 2. Sectores identificados excluidos del censo arbóreo.....	18
Figura 3. Proceso de revisión y validación de información.....	19
Figura 4. Captura de punto de control.....	22
Figura 5. Flujograma del procesamiento de imágenes de dron.....	23
Figura 6. Ortomosaico de la cabecera municipal.....	24
Figura 7. Validación manual de alturas en Global Mapper.....	27
Figura 8. Validación de alturas de manera manual.....	28
Figura 9. Identificación visual del diámetro de copa.....	29
Figura 10. Diseño de placa recomendada para la identificación de especies en campo.....	30
Figura 11. Verificación georreferenciación.....	32
Figura 12. Individuos verificados en campo.....	33
Figura 13. Familias representativas de la cabecera municipal.....	40
Figura 14. Distribución espacial de la cobertura arbórea en el municipio por Comunas.....	42
Figura 15. Indicador árboles por hectárea.....	44
Figura 16. Indicador árboles por hectárea en vías principales.....	45
Figura 17. Indicador de habitantes por árbol por barrio.....	48
Figura 18. Numero de barrios por categoría del indicador habitantes por árbol.....	49
Figura 19. Severidad de individuos enfermos.....	58
Figura 20. Especies con mayor número de individuos reportados en todos los grados de severidad de enfermedad.....	59
Figura 21. Patógenos asociados al arbolado urbano.....	60
Figura 22. Especies arbóreas con más individuos enfermos.....	63
Figura 23. Síntomas asociados a enfermedades en individuos censados.....	64
Figura 24. Especies arbóreas con síntomas de muerte de ramas/foliar.....	65
Figura 25. Localización de síntomas de enfermedades en árboles.....	66
Figura 26. Especies arbóreas con mayor número de individuos asociados a síntomas localizados a nivel del tallo, follaje y frutos.....	66
Figura 27. Ausencia y presencia de insectos en individuos arbóreos.....	69
Figura 28. Nivel de población de insectos plaga por cantidad de individuos presentes.....	70
Figura 29. Estructuras vegetales afectadas.....	71
Figura 30. Zonas identificadas con presencia de molusco plaga (Caracol africano).....	75
Figura 31. Tipos de amenazas identificadas.....	76
Figura 32. Amenaza potencial por volcamiento.....	77
Figura 33. Amenaza potencial por caída de ramas.....	77
Figura 34. Afectación por caída de frutos (izquierda) y por raíces (derecha).....	78
Figura 35. Distribución espacial de individuos emblemáticos.....	79
Figura 36. Distribución espacial de individuos muertos y tocones.....	88
Figura 37. Distribución espacial de individuos censados según Decreto 1077 de 2015.....	105
Figura 38. Resultados revisión de campo.....	107
Figura 40. Revisión y registros de individuos omitidos.....	109

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Levantamiento de información en campo.....	20
Fotografía 2. Verificación de individuos en campo.	34
Fotografía 3. Registros fotográficos asociadas a Hongos encontrados en individuos arbóreos.....	61
Fotografía 4. Daños identificados en campo por perforaciones en tallo.	72
Fotografía 5. Presentación de algunos individuos considerados emblemáticos.	80
Fotografía 6. Daños asociados a Orden Coleóptera.	95
Fotografía 7. Algunos daños e insectos asociados al Orden Himenóptera.....	96
Fotografía 8. Algunos daños e insectos asociados al Orden Hemíptera.	97
Fotografía 9. Revisión de la información dasométrica.....	108

ABREVIATURAS

GPS	Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en ingles.
GSD	Distancia de muestreo del suelo, por sus siglas en ingles.
MDT	Modelo Digital del Terreno.
MSD	Modelo Digital de Superficie.
NTRIP	Transporte en Red de RTCM vía Protocolo de internet, por sus siglas en ingles.
POT	Plan de Ordenamiento Territorial.
RMSE	Distancia media cuadrática mínima, por sus siglas en ingles.
RTK	Navegación cinética satelital en tiempo real, por sus siglas en ingles.

1. INTRODUCCIÓN

El censo arbóreo de la cabecera urbana del municipio de Zarzal es uno de los productos fundamentales del convenio interadministrativo 141-2020, suscrito entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y el Centro de Investigación Territorio, Construcción y Espacio (CITCE) de la Universidad del Valle, cuyo objeto es la formulación de 8 programas de mejoramiento de los Elementos Naturales del Espacio Público (ENEP) y arbolado urbano en cabeceras municipales del Valle del Cauca (Buga, Tuluá, Cartago, Sevilla, Calima-El Darién, Florida, Yumbo y Zarzal).

El censo arbóreo está destinado a orientar los procesos de gestión del espacio público natural y el arbolado urbano en el municipio de Zarzal. La gestión del componente natural urbano es esencial para la ocupación sostenible del territorio, ya que permite garantizar la protección, creación y mejoramiento de los ecosistemas que soportan la calidad de vida para el disfrute de toda la comunidad. Los resultados que brinda este censo arbóreo constituyen la base para la toma de decisiones de gestión del arbolado urbano en todas las etapas (planificación, diseño, mantenimiento, reposición, disposición final) y tiene como propósito maximizar los múltiples beneficios de los árboles urbanos y mejorar la calidad ambiental en el municipio de Zarzal.

El arbolado urbano proporciona múltiples beneficios que contribuyen al bienestar humano y al mejoramiento de la calidad ambiental. Los árboles regulan las altas temperaturas durante el verano, manteniendo las ciudades más frescas y los habitantes más cómodos, al tiempo que reducen el gasto de energía en climatización (Loughner, 2012). El arbolado urbano ayuda a restaurar el ciclo del agua, interceptando las aguas lluvias y permitiendo se evaporen y se infiltren en el suelo. Este proceso recarga las aguas subterráneas, reduce la cantidad de aguas pluviales en los sistemas de alcantarillado y mitiga las inundaciones locales (Berland et. al, 2017). Las raíces de los árboles estabilizan el suelo y pueden prevenir la erosión y eventos más graves como los deslizamientos de tierra. Estos beneficios del arbolado urbano en la gestión del riesgo son aún más importantes en el contexto del cambio climático.

Los beneficios del arbolado urbano relacionados con la salud física y mental son significativos. La cobertura arbórea se asocia con una mayor actividad física, menor estrés y menor presión arterial (Wolf, 2008). También se ha demostrado que la filtración de contaminantes del aire por parte de los árboles reduce los casos de asma, derrames cerebrales y enfermedades cardíacas (Nowak, 2002). Además, el arbolado urbano contribuye a construir la identidad de los barrios, fortaleciendo los lazos comunitarios y la cohesión social. En términos de biodiversidad, los árboles proporcionan alimento, hábitat y corredores de conectividad para la fauna silvestre, preservando y aumentando la biodiversidad dentro de las ciudades (Kirk et. al, 2021). Los árboles también tienen un impacto en la economía local al proporcionar alimentos, fibras o usos medicinales, aumentar el valor de las propiedades e incluso crear puestos de trabajo en el cuidado y manejo de la cobertura arbórea.

Este censo arbóreo proporciona la información necesaria para orientar la gestión del arbolado urbano hacia la maximización de sus múltiples beneficios, para el bienestar de las generaciones presentes y futuras. Los aspectos metodológicos implementados para la realización del censo arbóreo en todas sus etapas se presentan en el capítulo 5, abarcando las técnicas de recopilación de información, herramientas de procesamiento y metodologías de análisis. La transparencia de la metodología es uno de los aspectos más importantes del censo, ya que garantiza la confianza en los resultados y permite que la investigación pueda repetirse.

El capítulo 6 presenta los resultados y análisis del censo arbóreo, incluyendo taxonomía, análisis espacial, indicadores de densidad, variables dasométricas, emplazamiento, estado fitosanitario presuntivo, estado entomológico presuntivo y condición general. La taxonomía, el análisis espacial y los indicadores de densidad son insumos indispensables para detectar los sectores que requieren incrementar su cobertura arbórea y aumentar la diversidad de especies. La homogenización del paisaje con unas cuantas especies dominantes es uno de los mayores problemas que enfrentan las zonas urbanas de la región. A pesar de que la urbanización es una de las mayores amenazas para la biodiversidad —ya que contribuye a la pérdida, fragmentación y contaminación del hábitat—, cada vez hay más conciencia de que las áreas urbanas son lugares importantes para la conservación de la biodiversidad y es necesario integrarla mejor en el proceso de planificación urbana (Lambert et. al, 2020).

La problemática fitosanitaria del arbolado urbano se aborda desde la asociación de síntomas y presencia de agentes causales (componentes fitopatológico y entomológico) en campo de manera presuntiva, explicando su presencia y afectación en los individuos por 3 factores: factores bióticos, abióticos y antrópicos. Los factores bióticos están asociados a organismos vivos como insectos, bacterias, hongos, virus y plantas parásitas. Los factores abióticos, más difíciles diagnosticar, están asociados a las condiciones ambientales del lugar como temperatura, radiación solar, disponibilidad de agua o contaminación atmosférica. Entre los factores antrópicos destacan las podas mal realizadas, el vandalismo, la plantación en un sitio no apropiado y la mala calidad del material vegetal producido en los viveros. Para cada una de estas problemáticas se proponen parámetros de gestión con énfasis en el manejo biorregulador de las plagas y enfermedades detectadas en el censo arbóreo, con el objetivo de potenciar la salud y el correcto desarrollo de los árboles durante su ciclo de vida.

Con base en los resultados obtenidos de la problemática fitosanitaria y el estado general del arbolado, se presentan las recomendaciones de manejo silvicultural en el capítulo 7. Se definen 16 tipos de intervención según el criterio técnico: 1) Control fitosanitario, 2) Erradicar, 3) Fertilización, 4) PA - Poda aclareo, 5) PC - Poda control, 6) PE - Poda equilibrio, 7) PF - Podas formación, 8) PL - Poda de limpieza, 9) PRE - Poda de realce, 10) PRL - Poda de ramas laterales, 11) PRS - Poda de ramas secas, 12) PS - Poda sanitaria, 13) RA - Reducción de altura, 14) Tala, 15) Traslado (solo juvenil) y 16) Ninguna. Complementario a los aspectos técnicos de manejo silvicultural, las recomendaciones se enmarcan en los conceptos de sostenibilidad urbana y economía circular. Los tratamientos de manejo del arbolado pueden convertirse en un mecanismo para generar empleo y promover la economía local a partir de la capacitación de equipos técnicos con personas del propio municipio, el uso creativo de los recursos obtenidos por talas y podas para fabricar objetos en madera y abonos, y la gestión de los frutos o productos no maderables que se obtendrán del manejo del arbolado.

La información y análisis proporcionado por este censo arbóreo constituye una línea base fundamental para apoyar los procesos de planificación urbana y paisajística de la ciudad por parte de la alcaldía municipal, la autoridad ambiental y demás entidades que lo requieran, utilizando la información de una manera ágil, eficiente y oportuna conociendo su funcionalidad, estructura, dinámica y servicios que ofrecen el arbolado urbano para la ciudad.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Realizar la identificación y caracterización del arbolado urbano de la cabecera municipal del municipio de Zarzal en el Valle del Cauca.

Objetivos específicos

- Identificar oportunidades y ofrecer recomendaciones para incrementar la cobertura arbórea y aumentar la diversidad de especies.
- Identificar la condición fitosanitaria del arbolado urbano desde la asociación de síntomas y presencia de agentes causales (componentes fitopatológico y entomológico).
- Ofrecer lineamientos de manejo fitosanitario del arbolado urbano, de acuerdo con las situaciones particulares identificadas.
- Ofrecer lineamientos de manejo silvicultural del arbolado urbano, de acuerdo con las situaciones particulares identificadas.
- Identificar y analizar los individuos arbóreos en espacio público según lo establecido en el Decreto 1077 de 2015.

3. PRODUCTOS ENTREGABLES

- Censo arbóreo en formato Excel (.xlsx) y feature class (GDB)
- Informe técnico impreso y digital
- Registro fotográfico de cada individuo
- Listado de atributos descriptivos de vegetación y de definición de cada atributo
- Ficha técnica de especies arbóreas
- Ficha técnica de elaboración y montaje de placas
- Mapas de distribución espacial del censo e indicadores (densidad arbórea, habitantes por árbol)

4. GLOSARIO

ADULTO SENESCENTE: Árbol que presenta síntomas de pérdida de vitalidad del individuo, etapa descendente de desarrollo.

ADULTO: Árbol en etapa de máximo desarrollo reproductivo, se presentan floraciones, frutos.

ALTURA TOTAL: Variable dasométrica expresada en metros (m) cuyo valor está comprendido desde la base del árbol hasta la parte superior – ápice de su copa. En el caso de gramíneas, altura promedio de los adultos.

ANILLADO: Procedimiento consistente en el corte de una sección circular realizado en la corteza del árbol con el fin de interrumpir el flujo natural de nutrientes y producir la muerte lenta del espécimen. Para efectos sancionatorios el anillado será considerado como una tala no autorizada

ÁRBOL: Planta leñosa con un tronco principal que sostiene un follaje denominado copa, de arquitectura según la especie, cuya altura en estado adulto no sea inferior a dos (2) metros, medidos desde el nivel del suelo.

ARBUSTO: Vegetal leñoso con ramas desde la base, se ramifica a poca altura sobre el suelo en varios troncos delgados y aproximadamente iguales con potencial de crecer por debajo de los 5 m de altura.

ÁREA: Superficie cubierta por el conjunto de plantas, solo aplica para gramíneas, y su valor se determina en metros cuadrados (m²).

BARRIO: Subdivisión de una ciudad o pueblo, que suele tener identidad propia y cuyos habitantes cuentan con un sentido de pertenencia y conforman una comuna.

TRASLADO: Actividad de manejo cuyo objeto es reubicar una planta o biotipo.

CADUCIFOLIO: Que pierde las hojas en determinada época del año.

CAP: Circunferencia a la Altura del Pecho, dimensión del fuste medido a una altura de 1,30 m desde la superficie del suelo y su valor se determina en centímetros (cm).

CÓDIGO ESPECIE: Código alfanumérico identificador que recibe la especie definido para este censo, asociado al nombre común, nombre científico, familia y tipo. Se componen inicia desde SP1 hasta el último individuo final consecutivamente.

COMUNA: Unidad administrativa en la cual se subdivide el área urbana de una ciudad media.

CONFINAMIENTO: El árbol se encuentra limitado en su desarrollo radicular, bien sea por construcción inadecuada de alcorque, bordillo u otro material, teniendo como referencia la extensión del diámetro de copa en su proyección sobre el plano horizontal.

DAP: Diámetro del fuste tomado a la altura del pecho, se estima en 1.30 metros del nivel del piso.

DEFOLIACIÓN: Pérdida las hojas o acículas por la activación de la zona de abscisión foliar por causas naturales endógenas o externas. Hace referencia a los árboles.

DENSIDAD DEL FOLLAJE: Abundancia del follaje, hace referencia a la copa del árbol.

DESCOPE: Práctica silvicultural en la que se elimina una sección del fuste principal sin importar la altura. Para efectos sancionatorios el descope será considerado como una tala no autorizada.

DETERIORO DEL ARBOLADO URBANO: Afectación de la vegetación urbana por prácticas realizadas sobre el arbolado urbano, que afectan su estabilidad física, su función y su desarrollo fisiológico pudiendo conducir a su muerte a la pérdida de su funcionalidad ambiental.

DIÁMETRO DE COPA: Diámetro de su proyección sobre el plano horizontal, tomando como referencia la proyección promedio de los extremos de la copa sobre el suelo, midiéndose con cinta métrica la distancia entre ambos extremos.

ENDÉMICA: Restringida en su distribución natural a una región geográfica específica.

ESPECIE EXÓTICA: Especie vegetal introducida a una región geográfica que no es la de su origen.

ESPECIE NATIVA: Especie vegetal cuya ubicación corresponde con su región geográfica de origen.

ESTÍPITE: Elemento de las palmas que constituye su eje principal o tallo (también denominado estipe).

ERRADICACIÓN: Eliminación del tocón, incluyendo parte del tronco o fuste de un árbol que queda unido a las raíces después de ser talado.

FAMILIA: Unidad sistemática y una categoría taxonómica situada entre el orden y el género; o entre la superfamilia y la subfamilia si estuvieran descritas. Por ej.: Fabaceae.

FITOSANITARIO: Relativo a la salud o sanidad de una planta.

FOLLAJE: Conjunto de hojas de una planta.

FUSTE BIFURCADO: Desde la base comúnmente salen dos fustes.

FUSTE POLIFURCADO: Desde la base comúnmente salen tres o más fustes.

FUSTE PRINCIPAL: El tronco es solo uno desde la base.

FUSTE: Elemento leñoso del árbol que constituye su eje principal.

GEORREFERENCIACIÓN: Posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y datum determinado.

GRADO DE ESTRÉS: Definiéndose estrés como la presencia de un factor externo a la planta provocado por el medio ambiente cambiante u otro ser vivo que ejerce una influencia negativa sobre su desarrollo óptimo y adecuada funcionalidad fisiológica.

GRADO DE INCLINACIÓN: Ángulo de inclinación del árbol medido en grados, que forma un ángulo de inclinación 0° (cero) cuando el fuste es completamente vertical o tiene alguna pérdida de verticalidad con respecto a su eje de gravedad.

GRAMÍNEAS: Plantas monocotiledóneas de tallo cilíndrico (cúlmen), nudoso y generalmente hueco, hojas alternas que abrazan el tallo. Ejemplo: Guaduas, Bambú, Carrizos y Cañabrava.

HITO: Árboles con dimensiones dasométricas sobresalientes del promedio. Son aquellos que han adquirido un reconocimiento de la comunidad por su porte, tamaño, volumen, longevidad, valores escénicos, importancia botánica o representan puntos de referencia e identidad para la ciudad, los cuales han sido integrados al paisaje urbano a través de la historia y revisten importancia desde el punto de vista ambiental, paisajístico, urbanístico, estético, simbólico o afectivo, basados en el Acuerdo 0353 de 2013 del Concejo de Santiago de Cali.

HOJAS: Órgano generalmente verdoso donde se realiza la fotosíntesis. Se clasifica por su posición — alternas, opuestas, verticiladas, desordenadas—, por su clase — simples o compuestas— y por sus estípulas si las tiene; es decir, por sus bordes, ápices, bases, indumento, coloración, pecíolo, consistencia, tamaño, medio donde viven, nervaduras, dirección, etc. En palmas y helechos pueden recibir el nombre de frondas.

ID: Código único de identificación del árbol en el departamento, se compone de tres letras iniciales del municipio en mayúscula, guion al piso y 5 dígitos. Por ejemplo: Sevilla – SEV_00154.

JUVENIL: Individuo que presenta tejidos tiernos o no ha llegado a su máximo potencial de desarrollo, ni ha entrado en fase reproductiva sexual (periodo vegetativo).

LATITUD: Coordenada geográfica bajo el sistema de referencia WGS84 (EPSG: 4326) del eje Y y su valor se determina en el sistema decimal. Por ej.: 3,984112.

LONGEVIDAD: Período de vida del árbol.

LONGITUD: Coordenada geográfica bajo el sistema de referencia WGS84 (EPSG: 4326) sobre el eje X y su valor se determina en el sistema decimal. Por ej.: -76,455121.

MANEJO INTEGRAL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES: Actividades de prevención y control cuyo objeto es evitar o disminuir el impacto negativo sobre la planta afectada, por encima de niveles que limiten su adecuado desarrollo y crecimiento o puedan ocasionarle la muerte.

MANEJO SILVICULTURAL: Son todas aquellas prácticas y las acciones técnicas que se adelantan para el establecimiento, atención integral y gestión de la cobertura arbórea y vegetación relacionada que se encuentra en un entorno urbano.

MANTENIMIENTO DEL ARBOLADO URBANO: Es el conjunto de prácticas técnicas básicas que incluyen el plateo, fertilización, riego, poda de rebrotes, entre otras, acorde a cada especie particular,

estado fitosanitario, grado de desarrollo, estado nutricional y condiciones ambientales del emplazamiento.

MATERIAL VEGETAL: Planta viva en bolsa destinada a ser plantada.

MOLUSCOS PLAGA: Aplica solo para identificar la presencia del caracol africano (*Achatina fulica*), una especie exótica invasora en inmediataces o alguna estructura del individuo arbóreo.

MUERTO: Individuo forestal sin follaje y sin evidencias de vitalidad o potencial de rebrote.

NOMBRE CIENTÍFICO: Se refiere al nombre en latín establecido según las normas del código internacional de nomenclatura botánico, que integra el género y el epíteto específico de cada especie y el nombre o abreviatura del autor que publicó dicho nombre de manera válida. Por ej.: *Caesalpinia pluviosa* DC.

NOMBRE COMÚN: Nombres con los cuales las personas reconocen el individuo en una determinada región y se complementa con otros citados en la literatura. Por ej.: Acacia rubiña, Acacia amarilla, sibiparuna.

PALMA: Especie vegetal monocotiledónea de origen tropical o subtropical, generalmente no ramificada, donde su tronco se define como estípote, con hojas perennes que crecen en la parte superior en forma de penacho, denominado fronda. Ocasionalmente se aplica también a especies del género *Pandanus* y *Carludovica palmata* de modo incorrecto.

PERENNIFOLIO: Que permanece con hojas durante todo el año.

PLANTACIÓN: Conjunto de actividades técnicas requeridas para el adecuado establecimiento mediante siembras programadas de la cobertura vegetal.

PODA: Tratamiento silvicultural practicado a un espécimen vegetal mediante el cual se cortan algunos órganos vegetativos. Incluye la poda de formación, mejoramiento, equilibrio y radicular, entre otras.

RAMAS: División primaria del tronco o tallo de una planta sin incluir las hojas. En algunas especies se pueden presentar dos tipos de ramas diferenciadas: ramas con entrenudos cortos (braquiclados) y ramas con entrenudos largos (macroclados), ramas fotosintéticas aplanadas (cladodios o filoclados).

RAMIFICACIÓN: Crecimientos laterales de los tallos, derivados de la activación de las yemas axilares de las hojas, cuya estructura puede ser característica de cada especie.

REFORESTACIÓN: Es el restablecimiento de cobertura forestal independientemente de las especies, métodos y fines con que se haga.

REVEGETALIZACIÓN: Restablecimiento de la cobertura vegetal en la que se emplean diversos biotipos, desde herbáceos y arbustivos hasta trepadoras y árboles.

SETO: Asociación de arbustos o árboles en un arreglo lineal, establecidos y mantenidos para formar una barrera que impida la accesibilidad, la transparencia y la visibilidad. No plantada con fines comerciales.

SILVICULTURA URBANA: Es un sistema múltiple de ordenación de la cobertura que incluye el sistema hídrico urbano, los hábitats de las especies animales presentes en la ciudad, el diseño del paisaje urbano, establecimiento, atención integral y tala de árboles, en forma aislada o en arreglos especiales como parte del mobiliario urbano, con el fin de potenciar la generación de servicios ambientales.

TOCÓN: Parte del tronco del individuo que queda en el suelo y unida a la raíz cuando es talado en la base.

TALA: La tala es el apeo o acto de cortar el individuo arbóreo por el cuello de la raíz, dejando en el sitio un tocón.

ZONA VERDE: Espacio de carácter permanente de dominio público o privado y/o uso público, que hace parte del espacio público efectivo establecido con el objeto de incrementar la generación y sostenimiento ecosistémico de la ciudad y de garantizar el espacio mínimo vital para el desarrollo de los elementos naturales que cumplen funciones de pulmón verde para la ciudad.

5. METODOLOGÍA

Definición de atributos del censo

Para el desarrollo del censo arbóreo se definieron 49 atributos a evaluar por cada individuo a partir de un consenso entre la Dirección Técnica Ambiental (DTA), funcionarios de las Direcciones Ambientales Regionales (DAR), funcionarios de algunas dependencias de la alcaldía y el equipo asesor de la Universidad del Valle.

Tabla 1. Atributos del censo definidos para cada individuo.

Grupo	Atributo	Valor	Tipo	Grupo	Atributo	Valor	Tipo
Ubicación	- ID		Alfanumerico	Emplazamiento	- Emplazamiento	- Andén	Texto
	- Longitud		Decimal			- Borde de cauce artificial	
	- Latitud		Decimal			- Borde de cauce natural	
	- Comuna		Texto			- Escenario deportivo	
	- Barrio		Texto			- Escenario cultural	
Taxonomía	- Tipo	- Árbol - Árbol/Arbusto - Arbusto - Palma - Otro	Texto			- Glorieta o asimilable	
	- Código sp		Alfanumerico			- Oreja de puente o asimilable	
	- Nombre común		Texto			- Parque, plaza o plazoleta	
	- Nombre científico		Texto			- Separador vial	
	- Familia		Texto			- Vía férrea	
	- Etapa de desarrollo	- Juvenil - Adulto - Adulto senescente - Muerto - Tocón	Texto	- Vía peatonal			
	- Condición	- Introducida - Exótica - Nativa	Texto	- Otro			
	- Caducifolio	- No - Si	Texto	- No			
Dasometría	- CAP 1		Entero	- Si	Texto		
	- CAP 2		Entero	- Vigorosidad	- Bueno - Regular - Malo	Texto	
	- CAP 3		Entero	- Grado de estrés	- Alto - Medio - Bajo - Ningún	Texto	
	- Área (solo gramíneas)		Entero	- Incidencia	- Enfermo - Sano	Texto	
	- Fuste	- Fuste principal - Bifurcación - Polifurcación	Texto	- Severidad del árbol	- <20 - 21 - 40 - 41 - 60 - 61 -80 - > 80	Texto	
	- Altura total		Decimal	- Localización de la patología	- Flores - Follaje - Fruto - Tallo - Raíces - Ramas	Texto	
	- Diámetro de copa		Decimal	- Posibles patógenos	- Bacterias - Hongos - Macromicetos - Plantas parasitas - Virus - Otro - Ninguno	Texto	
	- Grado de inclinación		Entero				
	- Inclinación	- Andén - Edificaciones - Redes aéreas - Vía - Zona verde - Ninguna	Texto				

Tabla 1. Atributos del censo definidos para cada individuo (continuación).

Grupo	Atributo	Valor	Tipo	Grupo	Atributo	Valor	Tipo	
Estado fitosanitario	- Síntomas	- Anomalías en follaje - Chancros - Clorosis - Defoliación - Exudados - Muerte de ramas / foliar - Pudrición/Tizones /Necrosis - Otros	Texto	Condición general	- Amenazas	- Volcamiento	Texto	
		- Caída de frutos	Texto					
- Caída de ramas	Texto							
- Raíces	Texto							
Estado entomológico	- Insectos plaga	- Ausencia - Presencia	Texto		- Ninguno	Texto		
	- Nivel de población (individuos)	- =< 10 - 11 - 50 - 51 - 100 - > 100	Texto		- Energizado	- No - Si	Texto	
	- Porcentaje de infestación del árbol	- ≤20 - 21 - 40 - 41 - 60 - 61 -80 - > 80	Texto		- Hito	- Emblemático (sobresaliente) - Normal	Texto	
	- Estructura infestada	- Flores - Follaje - Fruto - Tallo - Raíces - Ramas	Texto		- Peligro de extinción	- CR (En peligro crítico) - EN (En peligro) - VU (Vulnerable)	Texto	
	- Daños asociados	- Defoliación - Clorosis - Perforaciones - Galerías - Minas en hojas - Entorchamientos - Perforación de frutos - Otro	Texto		Recomendación	- Tipo de intervención silvicultural	- Control fitosanitario - Erradicar - Fertilización - PA Poda aclareo - PC Poda control - PE Poda equilibrio - PF podas formación - PL Poda de limpieza - PRE Poda de realce - PRL Poda de ramas laterales - PRS Poda de ramas secas - PS Poda Sanitaria - RA Reducción de altura - Tala - Traslado (solo juvenil) - Ninguno	Texto
	- Grupos taxonómicos	- Díptera - Lepidóptera - Himenóptera - Coleóptera - Ortóptera - Hemíptera	Texto					
	- Moluscos plaga (Caracol africano)	- Presencia - Ausencia	Texto					
	- Revisión física	- Anillamiento - Daños mecánicos - Evidencia de endoterapia - Poda mal hecha - Presencia de parasita - Sobre carga de epifitas - Ninguna	Texto					
Condición general	- Revisión física	- Anillamiento - Daños mecánicos - Evidencia de endoterapia - Poda mal hecha - Presencia de parasita - Sobre carga de epifitas - Ninguna	Texto	- Fotografía		Adjunto		
				- Observaciones		Texto		

Durante la fase preliminar se realizó el acercamiento con los diferentes funcionarios relacionados con el tema en el municipio, previo al inicio del censo arbóreo, para la recopilación de información secundaria existente. En dicho proceso, se obtuvo información de diferentes documentos, tales como la base de datos existentes del censo arbóreo existente realizado en el año 2020, delimitación del perímetro urbano del municipio e identificación de zonas complejas o vulnerables por riesgo de orden público, lo que permitió generar rutas de avance y cobertura de las zonas al interior del municipio.

Con la información secundaria recopilada y considerando información adicional de censos existentes en siete municipios en el departamento del Valle del Cauca, se generó un listado de especies con un consecutivo identificador (SP1, SP2, ...SPn) que permitió asociar algunos atributos específicos con el individuos, tales como: el nombre común, nombre científico, familia, tipo, condición, caducifolio y peligro de extinción nacional e internacional. Adicionalmente, por cada individuo se elaboró una ficha técnica de identificación rápida en campo como apoyo para cada uno de los frentes de trabajo, donde se incluía una imagen del individuo en pie y en algunos casos partes de su estructura (hojas, frutos o flores) e información taxonómica.

Delimitación del área de trabajo

De acuerdo con los objetivos del convenio, se estableció que el área de trabajo corresponde al registro de aquellos individuos ubicados en el espacio público que fuesen de libre acceso al interior del perímetro urbano.

Basados en la información disponible del geoportal de la CVC (GeoCVC) y la información recolectada del Estudio de Riesgo (CVC-Univalle, 2021), se identificó discrepancias en el perímetro urbano, por lo que basado en la información oficial del municipio se definió como área de trabajo el límite establecido en el POT, equivalente a 485,9 ha (Figura 1). Con esta información cartográfica de base, se asignaron zonas a cada uno de los frentes de trabajo para la cobertura del área total y el registro de los individuos.

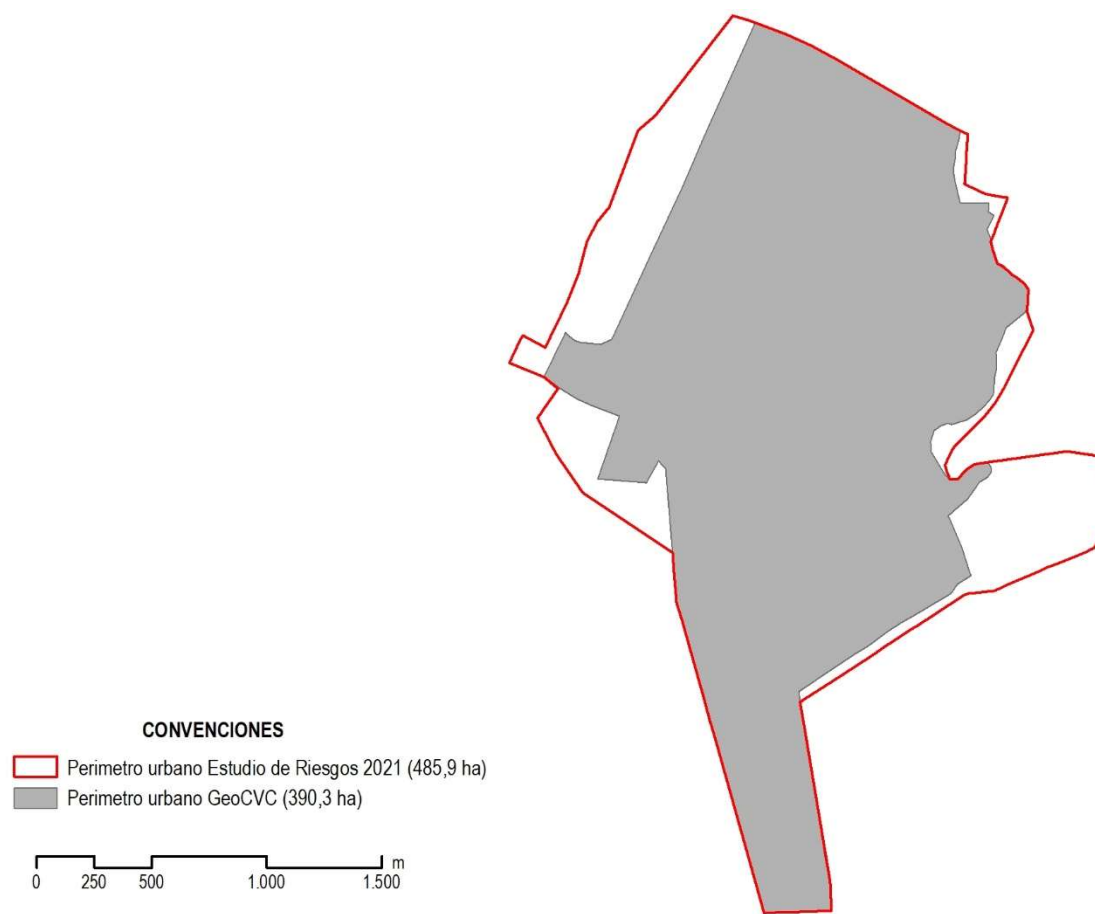


Figura 1. Área de trabajo para el municipio de Zarzal.

Fuente: Adaptado de GeoCVC (2021) y Estudio de Riesgo (CVC-Univalle, 2021).

Durante las jornadas de avance, se identificaron 12 sectores excluidos del censo por pertenecer a predios privados, sectores de difícil acceso peatonal o predios públicos que no pertenecen al espacio público, resaltados de interés por presentar alta densidad arbórea desde la parte aérea visto desde el ortomosaico (Figura 2).



Figura 2. Sectores identificados excluidos del censo arbóreo.

Fuente: Elaboración propia.

El total de las áreas excluidas suma 187,0 ha y se encuentran relacionadas en la siguiente tabla:

Tabla 2. Detalle sectores excluidos del censo arbóreo.

Sector	Condición	Dirección	Área (ha)
Sector 1	Predio privado (Kartódromo)	Vía principal Roldanillo - Zarzal	48,5
Sector 2	Predio público (Batallón)	Vía principal Roldanillo - Zarzal	43,6
Sector 3	Predio privado (Celsia y potreros)	Vía principal Zarzal – La Paila	19,2
Sector 4	Predio privado (Capilla la medalla milagrosa)	Vía principal Zarzal – La Paila	2,7
Sector 5	Predio privado (Potreros)	Carrera 5A con calle 17	4,6
Sector 6	Predio privado (Terminal de transporte)	Carrera 10 con calle 18	3,1
Sector 7	Predio privado	Carrera 14 con calle 14	21,4
Sector 8	Predio privado	Calle 14 con carrera 15A	13,8
Sector 9	Predio privado (Potrero)	Calle 5 con carrera 14	9,2
Sector 10	Predio privado (Potrero)	Carrera 14 con carrera 9	4,1
Sector 11	Predio privado (construcción barrio los lagos)	Transversal 4 con carrera 3	9,7

Sector	Condición	Dirección	Área (ha)
Sector 12	Predio privado (Potrero)	Calle 4 con carrera 17	7,2
Total			187,0

Fuente: Elaboración propia.

En una primera etapa del censo se realizó el reconocimiento del municipio con cada uno de los frentes de trabajo, identificado las zonas y límites del municipio, previamente se generó un enlace vía Google Maps con la base de datos del censo existente, todo lo anterior, con el fin de obtener una idea general de las zonas (restricciones, accesos, rutas, emplazamientos de mayor cobertura, entre otros) del tipo y de las características de especies presentes.

De manera estratégica, todo el proceso se dividió en varias etapas de ejecución, como se presenta en el siguiente esquema:

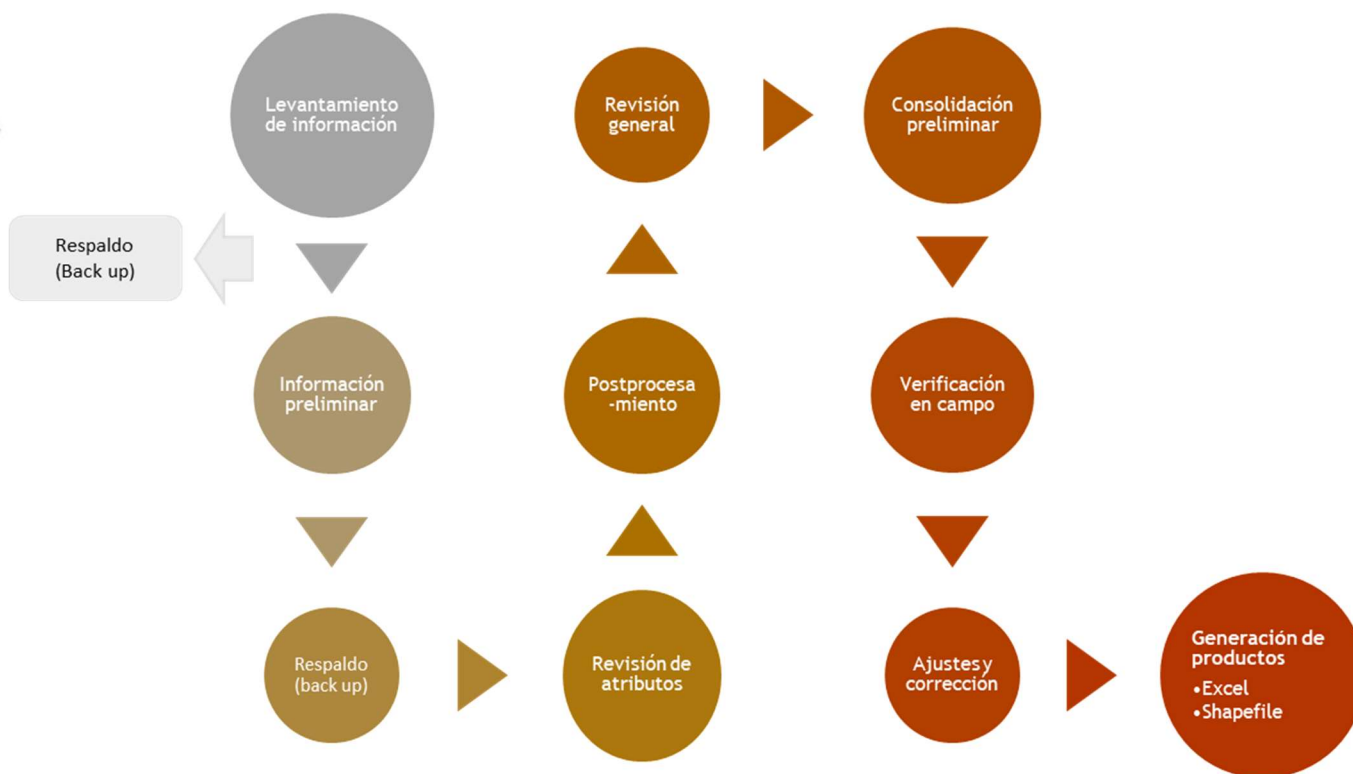


Figura 3. Proceso de revisión y validación de información.

Fuente: Elaboración propia.

5.1 ETAPA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Para la recolección de información se generaron tres frentes de trabajo conformados cada uno por un profesional y un auxiliar de campo. Cada frente dentro su zona designada realizaba la evaluación visual

y dasométrica de cada individuo que superara la altura mínima ($h \geq 2$ m) o circunferencia a la altura del pecho ($CAP \geq 30$ cm).

Para cada individuo se siguió la siguiente estrategia de trabajo:

- I. Se realizó inicialmente una identificación de la zona de trabajo, a partir de la información cartográfica suministrada.
- II. Posteriormente se realizó la ubicación y marcación temporal de cada individuo arbóreo en los trazados diarios recorridos por cada frente de trabajo.
- III. Seguidamente se realizó el registro completo de los atributos mencionados a partir de la una evaluación ocular presuntiva externa por individuo; en los casos en que se identificó algún posible agente patógeno y/o afectación por plagas, se tomaban registros fotográficos de acuerdo con el alcance y las herramientas disponibles para ser analizadas por el equipo de asesores de la universidad.
- IV. Se consignaron las recomendaciones y observaciones generales que, en el momento de la evaluación de aquellos árboles, requiere para su mejoramiento y persistencia en el tiempo.
- V. Se tomó registro fotográfico del individuo en pie en toda su extensión, utilizando un bastón de referencia que media entre 1,55 m (+/- 3 cm) con segmentos de colores en rojo y blanco, como indicador de altura y reconocimiento del árbol en la fotografía; en los casos de solape de copas que no permite identificar el individuo se utilizó un puntero señalando la copa o el tallo del árbol y en zonas puntuales de alta densidad de individuos arbóreos (bosque ribereño y rastrojos altos) se tomaron fotografías grupales.

Toda la información fue registrada a través de un formulario personalizado de Qfield empleando en dispositivos móviles (Tablet Samsung Galaxy Tab A), acomodando los atributos en el mismo orden que se definió en el consenso.



Fotografía 1. Levantamiento de información en campo.

Fuente: Elaboración propia.

Para este censo se empleó Qfield, una herramienta de acceso libre que permite la configuración de mapas y creación de formularios personalizados desde QGIS para el trabajo y levantamiento de información en campo. Desde la personalización admite una amplia variedad de formatos (vectoriales y ráster) y los conjuntos de datos se pueden almacenar localmente o acceder a ellos de forma remota a través de conexión por cable USB, dispositivo móvil o conexión a internet.

La ventaja que representa esta metodología está asociada a varios factores: 1) la reducción de tiempos muertos en digitalización de formatos en físico a digital aumentando la cantidad de registros por día, 2) estandarización de la información y registros entre censistas, y 3) mejora en la precisión de georreferenciación de cada individuo con la validación en campo y las imágenes dron.

Georreferenciación de cada individuo

La georreferenciación de cada individuo arbóreo se realizó de manera manual desde los dispositivos móviles y verificados en oficina utilizando como referencia el ortomosaico con resolución espacial de 9 cm/píxel. El ortomosaico se generó a partir de imágenes de dron Phantom 4 Pro con equipos GNSS (Sistema global de navegación por satélite, por sus siglas en inglés) utilizando tecnología RTK (Real Time Kinematic) y puntos de control en tierra.

Los puntos de control se materializaron desde la Red Pasiva del IGAC del municipio, empleando tecnología RTK o NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). En los casos en que el GPS de base en el sistema RTK no cubría todo el casco urbano, se trasladaron las coordenadas a un sitio de mayor altura (terrazza de construcción o a una zona alta de la cabecera urbana) y en el sitio se marcó el punto con una señal pintada en el suelo, aprovechando estructuras existentes como tapas de las redes de alcantarillado u otras obras identificables desde las imágenes aéreas.

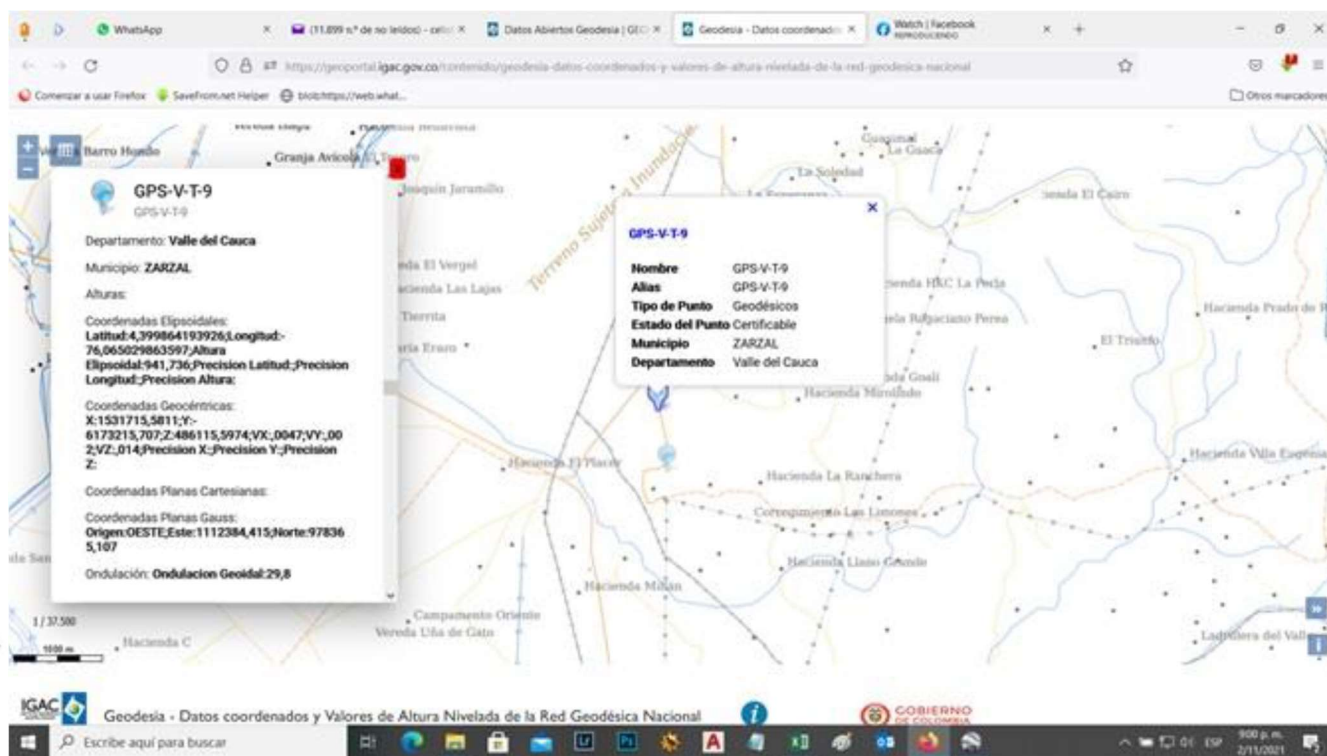


Figura 4. Captura de punto de control.

Fuente: Elaboración propia.

En total para el municipio se generaron 828 imágenes aéreas y 35 puntos de control que fueron procesados en el software Pix4D para generación del ortomosaico, el modelo digital de superficie (MDS) y el modelo digital del terreno (MDT) siguiendo el siguiente flujograma.

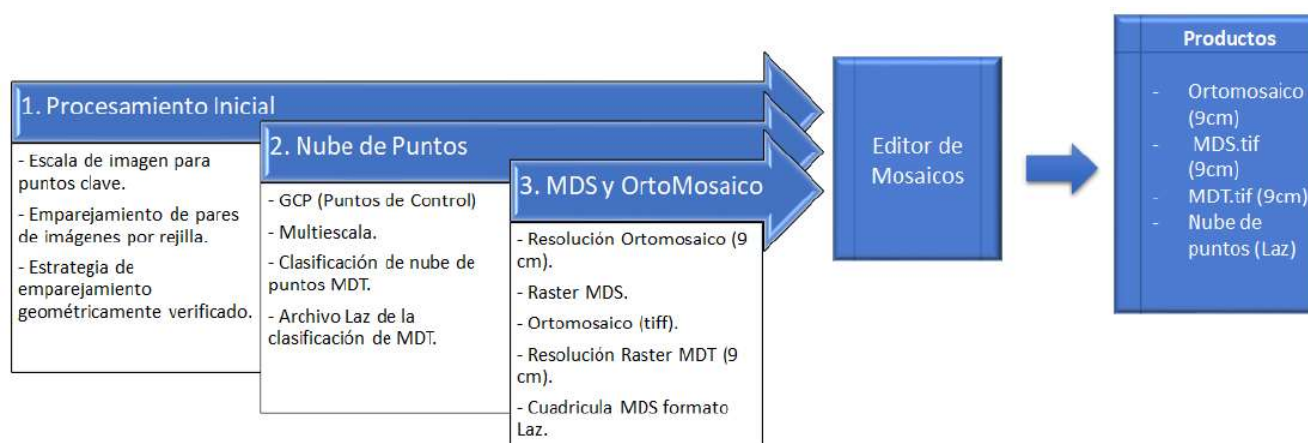


Figura 5. Flujograma del procesamiento de imágenes de dron.

Fuente: Elaboración propia

El ortomosaico generado presenta una distancia de muestreo en terreno (GSD) de 6.75 cm, obtenido a partir del procesamiento de las imágenes con una media de 5.861 puntos claves por imagen y un error medio cuadrático de 0,068 m de los puntos de control terrestre.

Los puntos de control fueron localizados con un RMSE (x) de 0,017 m, RMSE (y) de 0,0042 m y RMSE (z) de 0,149 m, El error de proyección de los puntos en términos de píxel se encontró en un rango de 0,050 hasta 0,230, lo que denota una alta precisión en la determinación de la posición de los puntos de control en las imágenes.

La nube de puntos generada alcanzó una densidad promedio de 9,43 puntos/m³, lo que permitió generar el ortomosaico y el modelo digital de superficie (MDS) con resolución espacial de 6,75 cm/píxel y un modelo digital del terreno (MDT) con resolución espacial de 9 cm/píxel (Figura 6).



Figura 6. Ortomosaico de la cabecera municipal.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de sanidad (fitosanitaria y entomológica)

Para la definición de los atributos de este componente, se partió de la base conceptual y metodológica que englobó las buenas prácticas de sanidad vegetal (Martínez et. al, 2010). Estas prácticas están orientadas a abordar los problemas fitosanitarios del arbolado urbano desde una perspectiva holística e integral. De forma conjunta entre la Universidad del Valle y el equipo de coordinación de la CVC, se definieron atributos y criterios que permiten generar un panorama unificado del estado sanitario de los individuos arbóreos para la cabecera urbana del municipio.

Los atributos definidos para el censo estuvieron guiados por el conocimiento y experiencia del equipo asesor de la Universidad del Valle, lo cual permitió establecer aquellos atributos que optimizarían la toma de datos en campo, así como su posterior procesamiento y análisis. La selección de atributos está enfocada a generar el conocimiento necesario para contribuir en la toma de decisiones sobre el manejo del arbolado urbano, considerando las limitaciones para evaluar individuos de porte alto y la ausencia de mecanismos para establecer diagnósticos confirmativos. En los casos que se tenía acceso a los síntomas, se tomaron registros fotográficos para validación y posterior análisis.

Previo a las actividades en campo, se desarrolló una capacitación de los frentes de trabajo en identificación de plagas y enfermedades, con el fin de homogenizar los criterios y estandarizar el

diligenciamiento de atributos. Posterior al inicio del trabajo de campo se realizó un refuerzo del entrenamiento, haciendo énfasis en la identificación de atributos fitosanitarios (síntomas, patógenos y evaluación de niveles de infestación) y entomológicos (insectos plagas, familias, nivel de población, entre otros). Los espacios de capacitación se desarrollaron en entornos virtuales, cumpliendo las medidas de bioseguridad establecidas a nivel nacional para evitar la propagación del COVID-19. Las capacitaciones fueron guiadas inicialmente a través de presentaciones, registros fotográficos y posteriormente, con las evidencias identificadas en campo. Finalmente, se generó un material digital didáctico de consulta rápida para resolver dudas en campo en las Tablet disponibles para los frentes de trabajo.

La información obtenida en el componente fitosanitario y entomológico se considera de carácter presuntivo, de acuerdo con la metodología propuesta y el alcance del convenio. El carácter presuntivo comprende una evaluación visual e integral del estado de un árbol. De la información revelada por los inventarios, puede surgir la necesidad de evaluaciones específicas de árboles con problemas, previo a la definición de las prácticas culturales de uso y de los tratamientos especiales pretendidos.

5.2 POSTPROCESAMIENTO

La etapa de postprocesamiento corresponde al manejo de la información en oficina para complementar la información registrada en campo. En esta etapa se desarrollaron los siguientes procesos: asociación de atributos según la especie, cálculo de alturas, revisión del diámetro de copa y la generación del código único identificador de cada individuo.

Asociación de atributos por especie

Esta estrategia se implementó para aumentar la capacidad técnica de registro diario de individuos y consistió en registrar en campo un consecutivo SP (SP1, SP2, ...SPn) definido internamente para asociarlo a características comunes por especie. Esas características se identificaron para los atributos de nombre común, nombre científico, familia, tipo, condición, caducifolio y peligro de extinción nacional e internacional.

La identificación taxonómica de las especies vegetales ha evolucionado rápidamente, mostrando que los criterios que definían los órdenes, las familias, los géneros y las especies hasta hace unos años se basaban principalmente en criterios morfológicos (Vijayan et. al, 2010). El advenimiento de técnicas moleculares y del desarrollo de algoritmos decisorios para agrupar las secuencias de ciertos genes nucleares, cloroplásticos y mitocondriales, han evidenciado que algunos enfoques decisorios estaban equivocados, por lo que muchos de los antiguos nombres científicos que hasta hace unas décadas estaban vigentes, han ido cambiando a la luz de las evidencias de la filogenia basada en genética molecular (Ali et. al, 2014).

Debido a ello, los nombres científicos incluidos en los censos han sido actualizados a la luz de las nuevas evidencias, que muchas veces difieren de los nombres aceptados en la colección de referencia: el Herbario Nacional del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Para algunos géneros las actualizaciones aún no se han asentado en algunas de las bases de datos internacionales, por lo que ciertos géneros, especies y familias se asumen a partir de bibliografía recientemente publicada de nuevos tratamientos taxonómicos.

La identificación taxonómica de las especies se define mediante el atributo “Nombre científico”. La identificación de las especies se realizó a través de la experticia de los equipos de campo y el equipo asesor de la Universidad del Valle. Los ejemplares dudosos se identificaron con el apoyo de diversas bases de datos referidas a continuación:

- Colecciones en Línea Universidad Nacional de Colombia. Herbario de referencia nacional COL. Información de la distribución nacional de las especies, imágenes de herbario de referencia. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/>
- Trópicos. Base de datos Herbario del Jardín Botánico de Missouri. Base de datos para la Validación de la aceptación de los nombres científicos, taxonomía actualizada, sinonimias e imágenes de ejemplares vivos y herborizados, mapas de distribución, cartas fenológicas, cartas altitudinales de distribución de las especies. Alberga vínculos adicionales con herbarios virtuales como: Smithsonian, New York Botanical Garden y el Museo de Historia Natural de Francia. Esta base informa del estatus de conservación de las especies clasificados del CITES de la IUCN. <https://www.tropicos.org/home>
- The Plant List. Base de datos para la Validación de la aceptación de los nombres científicos, sinonimias e imágenes de ejemplares vivos y herborizados, mapas de distribución, cartas fenológicas, cartas altitudinales de distribución de las especies. <http://www.theplantlist.org/>
- BHL. Biodiversity Heritage Library. Acceso digitalizado de las publicaciones donde se publicaron las descripciones originales de las especies (protologos). <https://www.biodiversitylibrary.org>
- Global Biodiversity Information Facility. Acceso a mapas de distribución y a imágenes de individuos vivos de las especies para la comparación durante la identificación. <https://www.gbif.org/>

Por ejemplo, para el código SP1 se asociaron los siguientes atributos:

Nombre científico:	<i>Acrocomia aculeata</i> (jacq.) lodd. ex mart.
Nombre común:	Palma corozo baboso
Familia:	Arecaceae
Condición:	Nativa
Tipo:	Palma
Caducifolio:	No
Peligro de extinción nacional:	LC (preocupación menor) - Revisado en la base Trópicos.
Peligro de extinción internacional:	No determinado
Referencia bibliográfica:	1, 2

La estandarización de este proceso disminuyó considerablemente los errores en la digitalización y el cruce de información entre especies. Sin embargo, se tuvo en consideración la creación de una casilla de validación entre el código SP y la especie de interés a registrar.

Cálculo de alturas

Para el cálculo de alturas se requirió dos programas: el primero, Global Mapper en la versión 21.0 para la clasificación y depuración de la nube de puntos generada durante el procesamiento de las imágenes de dron. Esta nube de puntos se reclasificó teniendo prelación sobre las vías y zonas descubiertas para

la generación de un nuevo modelo digital del terreno de procesamiento interno. Posteriormente se utilizó de nuevo el software para la validación de las alturas arbóreas de manera manual considerando la presentación grafica por defecto que arroja el programa en escala de colores de azul a rojo (Figura 7).

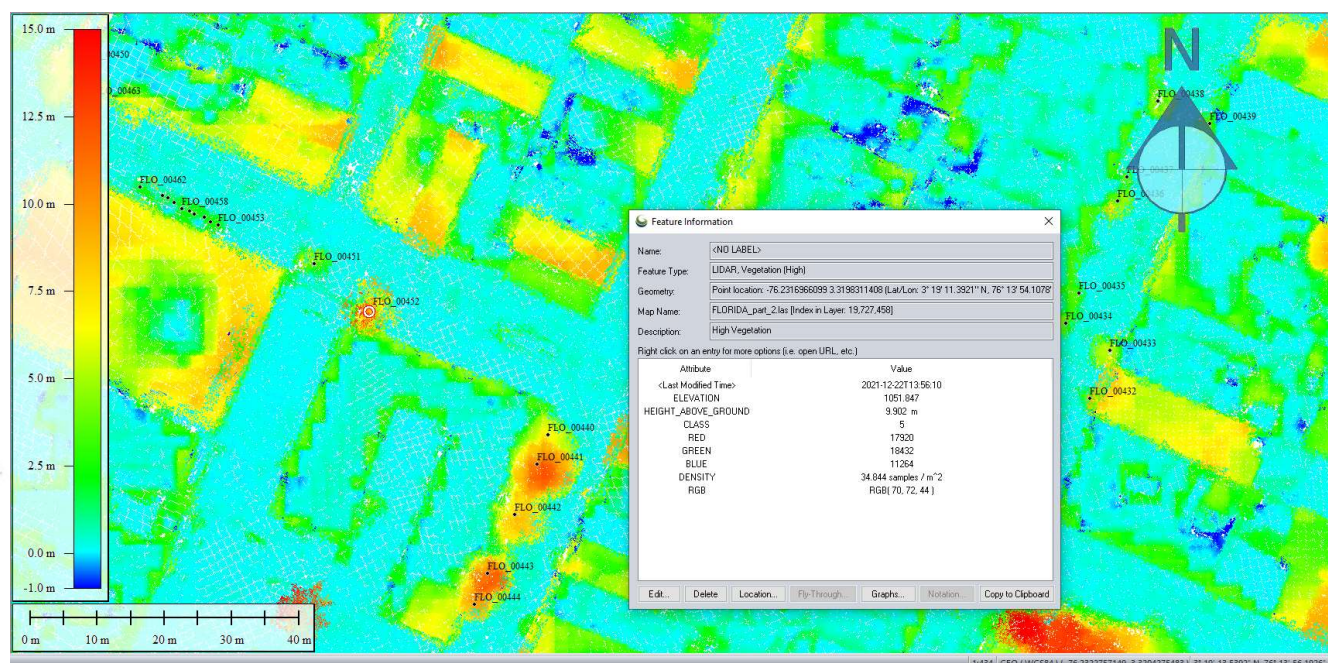


Figura 7. Validación manual de alturas en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

El segundo programa fue ArcGIS en la versión 10.8. Para cada individuo georreferenciado se calculó la diferencia entre el MDS y MDT de manera automatizada; el valor resultante correspondía a la altura en metros de cada individuo censado. Para este procedimiento no se consideraron las palmas debido a la altura promedio de los individuos y la baja densidad del follaje, lo cual genera distorsiones en las alturas. En el caso de las palmas se estimó esta variable dasométrica de manera manual.

Para validar la precisión del cálculo, se tomaron aleatoriamente individuos distribuidos en el municipio. Con ayuda de AutoCAD en la versión 2022, manualmente se utilizó el registro fotográfico y se re-escaló la imagen con el bastón de referencia (Figura 8). La altura calculada manualmente se contrastó con el cálculo automatizado y en caso de presentar diferencias se consideró el valor manual.

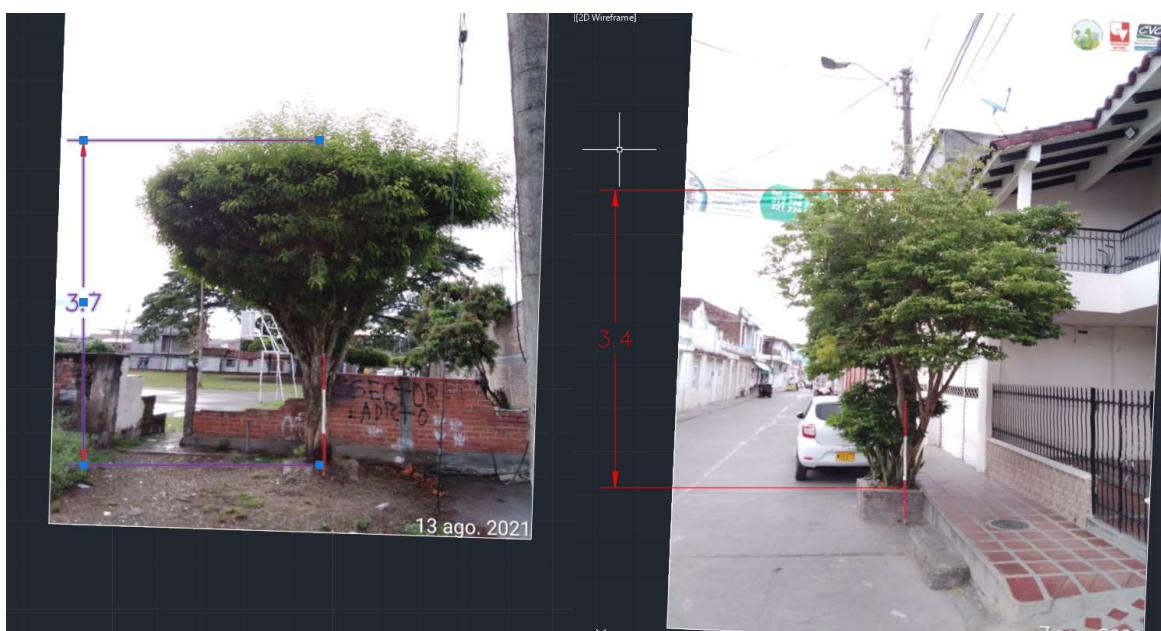


Figura 8. Validación de alturas de manera manual.

Fuente: Elaboración propia.

Revisión diámetro de copas

La revisión del diámetro de copa se desarrolló de manera manual, teniendo en consideración el registro de campo. Durante el post-procesamiento, los registros fueron analizados espacialmente desde ArcGIS generando zonas de amortiguación (buffer) desde variables definidas (Figura 9). En caso de detectar error de digitalización, desfase en la medición o ausencia del registro, se realizó la estimación del diámetro de la copa desde ortomosaico y se incluyó el ajuste en las bases consolidadas.

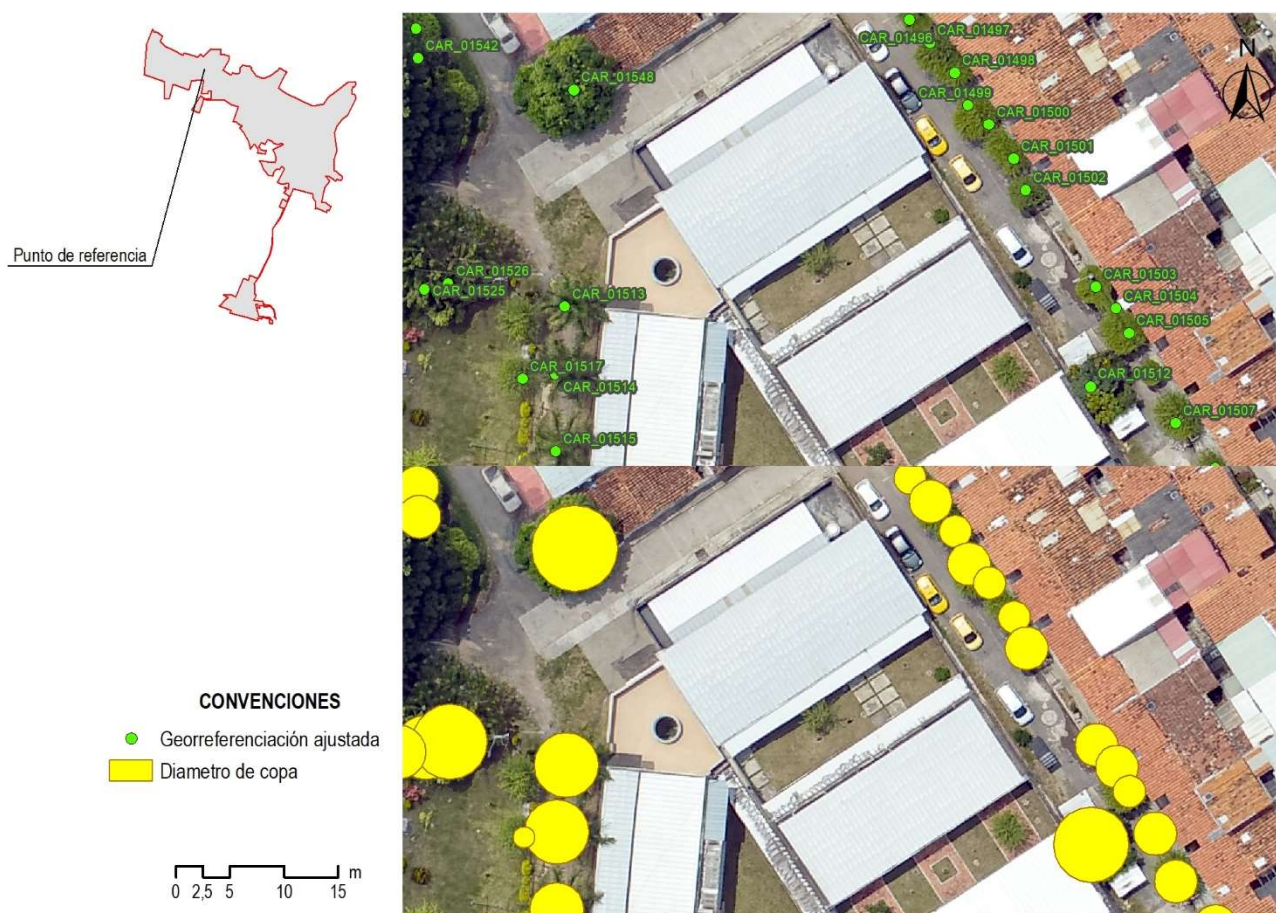


Figura 9. Identificación visual del diámetro de copa.
Fuente: Elaboración propia.

Código único identificador del individuo en el Valle del Cauca

El código único de identificación, mencionado en los atributos del censo como Registro, es la identificación única asignada a cada individuo arbóreo en el departamento. La asignación del código es consecutiva y aumenta de acuerdo con el orden en que fue registrado el individuo, siguiendo la ruta de los frentes en campo. Esta identificación es importante para la gestión y seguimiento a nivel regional, ya que genera una estructura estandarizada comparable entre municipios y permite tener trazabilidad en el espacio y el tiempo de los cambios que se presenten por cada individuo.

La conformación del código se compone de tres letras iniciales del municipio en mayúscula, guion al piso y 5 dígitos. Por ejemplo: Cartago (CAR_11005), Sevilla (SEV_00154), Zarzal (ZAR_0005), Tuluá (TUL_15140), Guadalajara de Buga (GBU_04601), Calima-El Darién (CAL_00026), etc.

Para cada individuo arbóreo, se recomienda instalar una placa cuadrada distintiva de 4 cm de largo de un solo agujero, como se presenta en la Figura 10, para el reconocimiento en campo. Con este código se correlaciona todos los atributos generados para cada individuo en las bases de información consolidada para el municipio. Dicha información quedará disponible a través del portal geográfico

GeoCVC de la corporación, quienes serán los encargados de administrar la información consolidada. Las especificaciones técnicas de dimensiones, materiales, grosor, tipo de letra y demás se encuentran en el anexo de ficha técnica y montaje.



Figura 10. Diseño de placa recomendada para la identificación de especies en campo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3 VALIDACIÓN Y REVISIÓN

La etapa de validación se desarrolló con el equipo técnico de la Universidad del Valle (profesionales, supervisores, coordinadores), mientras que la etapa de revisión en campo fue liderada por los profesionales de la Dirección Técnica Ambiental de la CVC.

Etapa de validación y análisis de la información

La información generada diariamente en campo por cada frente fue resguardada de manera digital (back up) antes de ingresar al proceso de revisión. La revisión se dividió en tres procesos (Figura 3):

1. **Calidad:** este proceso, realizado por el supervisor, incluye garantizar el diligenciamiento completo y adecuado de los atributos definidos para cada individuo, puntualmente que no existieran inconsistencias para el individuo, por ej. un individuo sano que requiera una tala o un individuo enfermo sin estar asociado a algún patógeno. De igual forma, que cada individuo tuviese su registro fotográfico asociado. En caso de encontrar inconsistencias o información faltante, se devuelven los registros a los profesionales de campo hasta cumplir con el diligenciamiento adecuado.
2. **Registros fotográficos:** en esta etapa cada individuo cuenta con una fotografía asociada, en ella se debía identificar por completo la extensión de la copa y un bastón indicador de individuo de interés. En presentaron algunos casos que técnicamente era inviable registrar toda la copa del individuo por la densidad de árboles contiguos que formaban un dosel o la distancia de movilidad para alejarse del árbol (vías, viviendas, cauces). En esas excepciones se identifica el fuste, localización y el individuo parcialmente. Sin embargo, para los registros fotográficos que no se identificaba fácilmente el individuo por manipulación: desenfoque, imagen a contraluz, movimiento u otro factor fácilmente detectable, se reprogramaba una nueva visita al individuo para generar un nuevo registro fotográfico.
3. **Localización:** si bien la Tablet cuenta con receptor GPS y se tiene el soporte del ortomosaico del municipio, en algunos casos se trabajó con imágenes satelitales Bing. Los principales desplazamientos de puntos se presentaron al pasar de imágenes Bing a los ortomosaicos. Esto se debe a que las imágenes satelitales son gratuitas y el nivel de corrección geométrica es básico, por lo cual se presentaron desfases, en algunos casos mayores a 5 m. La verificación de la georreferenciación se realizó con el ortomosaico, debido a la precisión geométrica que garantiza el procesamiento de las imágenes respeto a los puntos de control del IGAC, considerando la localización del individuo censado indicada por el profesional de campo y el contexto del registro fotográfico, dando como resultado el producto de la Figura 11. Este proceso se realizó con apoyo de un profesional en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

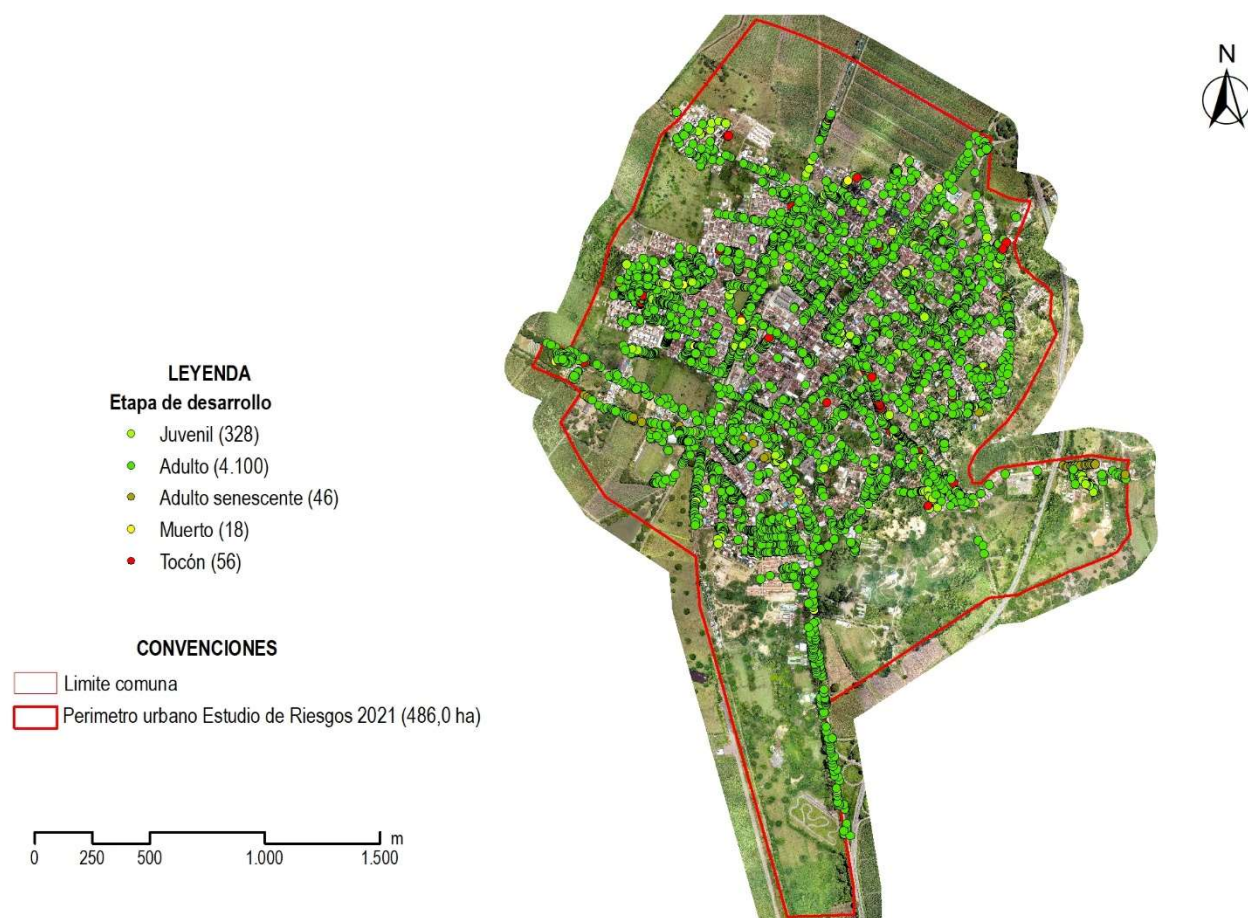


Figura 11. Verificación georreferenciación.

Fuente: Elaboración propia.

Finalizado los tres procesos, se genera un reporte para revisión y validación por parte la coordinación. Una vez aprobada la información, se inicia el proceso de consolidación preliminar de las bases de información de los censos para hacer la revisión en campo.

Verificación en campo

Para esta etapa se determinó un tamaño poblacional representativo de 94 individuos para la verificación en campo, equivalente a un margen de error del 10% (error humano, técnica de medición) y un nivel de confianza del 95%. Los individuos fueron seleccionados aleatoriamente dentro del total de registros, excluyendo individuos muertos y tocones, quedando distribuidos a lo largo y ancho de municipio (Figura 12).

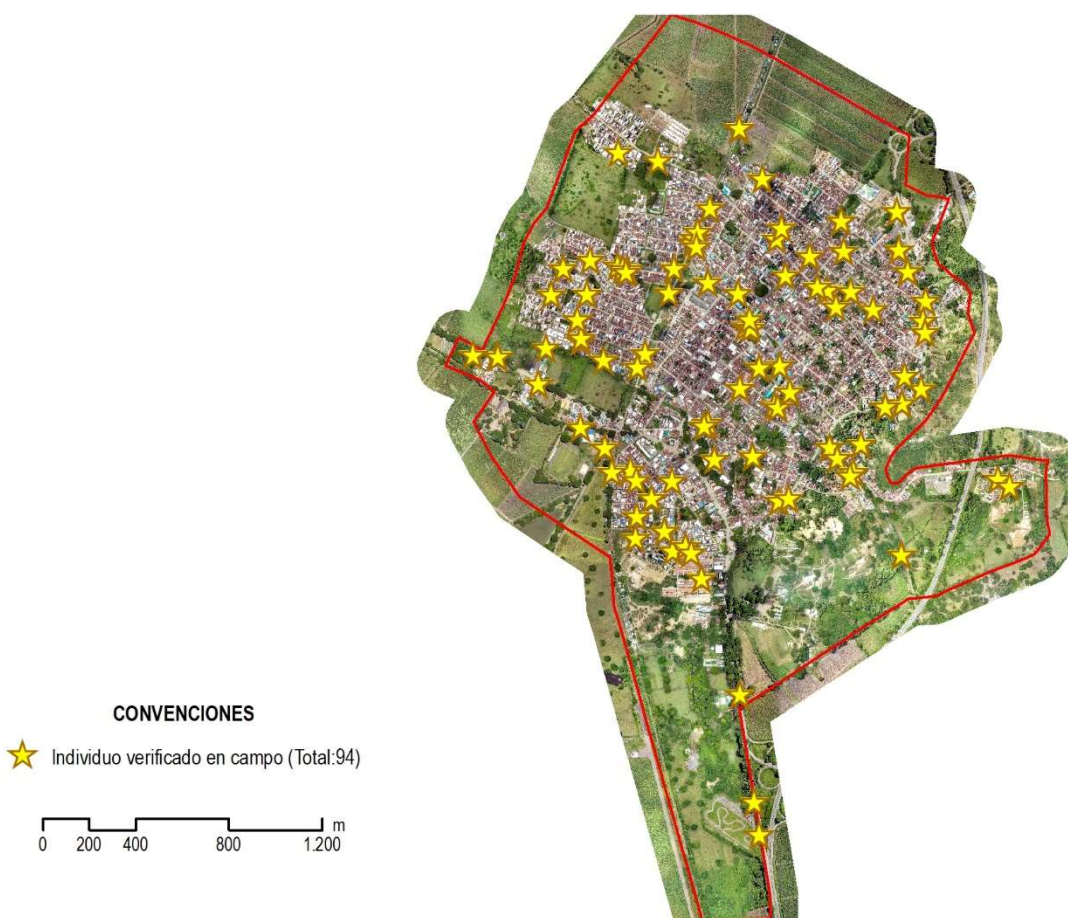


Figura 12. Individuos verificados en campo.

Fuente: Elaboración propia.

La revisión fue liderada por los profesionales de la Dirección Técnica Ambiental de la CVC y tuvo en consideración los siguientes aspectos: la correcta identificación taxonómica de cada individuo, información dasométrica (CAP, fuste, diámetro de copa, altura), georreferenciación, omisión de registro de individuos en espacio público y otros atributos dispersos (energizado, emplazamiento, inclinación). Finalizada la revisión se realizaron nuevos ajustes a la base consolidada con los hallazgos identificados en campo y se generó la versión final de entrega.

La georreferenciación fue validada identificando el individuo en las coordenadas asignadas y con un receptor GPS Trimble Juno 3B, un equipo de alta sensibilidad ubicado en el fuste de cada individuo y guardando las coordenadas del sitio.



Fotografía 2. Verificación de individuos en campo.
Fuente: Elaboración propia.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CENSO ARBÓREO

Durante el período comprendido entre el 22 de julio y el 7 de septiembre de 2021, se registraron un total de 4.548 individuos en la cabecera municipal, de los cuales 74 corresponden a tocones y muertos. Esta cantidad corresponde a la totalidad de individuos identificados en el perímetro urbano, incluyendo borde de cauces, vías férreas y otros emplazamientos donde se identifican individuos forestales. En este capítulo se presenta un análisis detallado de cada uno de los atributos del censo.

6.1 TAXONOMÍA

Composición florística

En la cabecera se identificaron 146 especies y 44 familias dispersos en toda el área urbana de Zarzal, equivalente a 4.474 individuos vivos, excluyendo registros asociados a tocones y muertos (74 registros). Entre las especies que se destacaron por presentar mayor número de individuos y abundancia relativa fueron: Ébano falso (*Geoffroea spinosa* Jacq.) con 2.584 individuos arbóreos (57,76%), seguida de la especie Samán (*Albizia saman* (Jacq.) Burret) 293 (6,55%) y la Palma areca (*Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. con 170 individuos (3,80%), los demás individuos presentan porcentajes de abundancia inferior al 3,0%. En la Tabla 3 se reporta la composición florística de las especies del censo arbóreo realizado en el municipio durante el periodo señalado.

Tabla 3. Listado total de especies encontradas en el censo arbóreo.

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Ébano falso	Fabaceae	2.584	57,76%
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	Fabaceae	293	6,55%
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	Palma areca	Arecaceae	170	3,80%
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	Palma navidad, Palma manila	Arecaceae	115	2,57%
<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC	Acacia rubiña, Acacia amarilla, sibiparuna	Fabaceae	88	1,97%
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	Palma real cubana	Arecaceae	73	1,63%
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo	Malvaceae	70	1,56%
<i>Guaiacum officinale</i> L.	Guayacán	Zygophyllaceae	70	1,56%
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Chiminango	Fabaceae	69	1,54%
<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendo de la India	Combretaceae	68	1,52%
<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	Cojon de cabrito, cobalonga	Apocynaceae	56	1,25%
<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	Annonaceae	54	1,21%
<i>Platyclusus orientalis</i> (L.) Franco	Pino libro	Cupressaceae	49	1,10%
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	Guayacán amarillo	Bignoniaceae	45	1,01%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Matarratón	Fabaceae	43	0,96%
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	42	0,94%
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Anacardiaceae	36	0,80%
<i>Crescentia cujete</i> L.	Totumo, mate	Bignoniaceae	30	0,67%
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Mirto	Rutaceae	23	0,51%
<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco	Araucaria	Araucariaceae	21	0,47%
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Guayacán rosado	Bignoniaceae	20	0,45%
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Acacia roja	Fabaceae	18	0,40%
<i>Bauhinia variegata</i> L.	Casco de vaca, "orchid tree"	Fabaceae	17	0,38%
<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K. Heyne	Acacia ferrugínea, Acacia brasilera	Fabaceae	14	0,31%
<i>Ficus bejamina variegata</i>	Ficus variegata	Moraceae	14	0,31%
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	Malvaceae	13	0,29%
<i>Achatocarpus nigricans</i> Triana	Totocal o limón macho	Achatocarpaceae	13	0,29%
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	Rubiaceae	12	0,27%
<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de Coco	Arecaceae	12	0,27%
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Fabaceae	12	0,27%
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamoncillo	Sapindaceae	12	0,27%
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Myrtaceae	11	0,25%
<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Limón suinglea	Rutaceae	11	0,25%
<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Benth.	Mucle, espino de mono	Fabaceae	9	0,20%
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Guayacán dorado	Bignoniaceae	9	0,20%
<i>Araucaria araucana</i> (Molina) K. Koch	Araucaria chilena	Araucariaceae	8	0,18%
<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Martin galviz o Dorancé	Fabaceae	8	0,18%
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Neem	Meliaceae	8	0,18%
<i>Bulnesia arborea</i> (Jacq.) Engl.	Guayacán carrapo	Zygophyllaceae	7	0,16%
<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> var. <i>papaya</i>	Papayuelo	Euphorbiaceae	7	0,16%
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Ciprés	Cupressaceae	7	0,16%
<i>Citrus × sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	Rutaceae	6	0,13%
<i>Plumeria rubra</i> L.	Amancayo rosado	Apocynaceae	6	0,13%
<i>Sambucus nigra</i> L.	Sauco	Viburnaceae	6	0,13%
<i>Tectona grandis</i> L. f.	Teca	Lamiaceae	6	0,13%
<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck	Limón	Rutaceae	6	0,13%
<i>Brownea ariza</i> Benth.	Palo de la cruz, clavellino	Fabaceae	6	0,13%
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	Flor amarillo, Velero	Fabaceae	6	0,13%
<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Dracena, caña de maíz	Asparagaceae	6	0,13%
<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus benjamín	Moraceae	6	0,13%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Guamo machete	Fabaceae	6	0,13%
<i>Cassia fistula</i> L.	Lluvia de oro	Fabaceae	5	0,11%
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	Caricaceae	5	0,11%
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipán africano	Bignoniaceae	5	0,11%
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Palma africana	Arecaceae	5	0,11%
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Piñón de oreja	Fabaceae	5	0,11%
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	Moringaceae	4	0,09%
<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	Caucho de la India	Moraceae	4	0,09%
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Veranera	Nyctaginaceae	4	0,09%
<i>Calliandra pittieri</i> Standl.	Carbonero común	Fabaceae	4	0,09%
<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo	Anacardiaceae	4	0,09%
<i>Inga edulis</i> Mart.	Guamo bejuco	Fabaceae	4	0,09%
<i>Yucca aloifolia</i> L.	Palma yuca, Palma bayoneta	Asparagaceae	4	0,09%
<i>Citrus × limonia</i> (L.) Osbeck	Limón mandarina	Rutaceae	3	0,07%
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Clavellino, Flor de navidad	Fabaceae	3	0,07%
<i>Duranta erecta</i> L.	Duranta	Verbenaceae	3	0,07%
<i>Sabal mauritiformis</i> (H.Karst.) Griseb. & H.Wendl.	Palmiche, Palma amarga, Palmicha	Arecaceae	3	0,07%
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook	Chaguaramo, Palma botella	Arecaceae	3	0,07%
<i>Pachira speciosa</i> Triana & Planch.	Castaño o Cacao de monte	Malvaceae	3	0,07%
<i>Tectona grandis</i> L. f.	Teca	Lamiaceae	3	0,07%
<i>Bismarckia nobilis</i> Hildebrandt & H. Wendl.	Palma bismarckia	Arecaceae	3	0,07%
<i>Bulnesia carrapo</i> Killip y Dugand	Guayacán carrapo	Zygophyllaceae	3	0,07%
<i>Tabernaemontana divaricata</i> (L.) Roem. & Schult.	Jazmín crepe	Apocynaceae	2	0,04%
<i>Pinus patula</i> Schlttdl. & Cham.	Pino patula	Pinaceae	2	0,04%
<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.	Olivo	Capparaceae	2	0,04%
<i>Ravenala madagascariensis</i> Sonn.	Palma del viajero	Strelitziaceae	2	0,04%
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Camajón	Malvaceae	2	0,04%
<i>Citrus × aurantium</i> L.	Mandarina	Rutaceae	2	0,04%
<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palma abanico	Arecaceae	2	0,04%
<i>Megaskepasma erythrochlamys</i> Lindau	Capote brasileiro	Acanthaceae	2	0,04%
<i>Senna surattensis</i> (Burm. F.) HS Irwin y Barneby	Kolomona	Fabaceae	2	0,04%
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Palma fúnebre	Cycadaceae	2	0,04%
<i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	Carey	Rubiaceae	2	0,04%
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Nogal cafetero	Cordiaceae	2	0,04%
<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.	Palma zancona	Arecaceae	2	0,04%
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Chambimbe	Sapindaceae	2	0,04%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	Limón pajarito	Rutaceae	2	0,04%
<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms	Cheflera	Araliaceae	2	0,04%
<i>Archontophoenix alexandrae</i> (F. Muell.) H. Wendl. & Drude	Palma alejandra	Arecaceae	2	0,04%
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Pecueco, algarrobo	Fabaceae	2	0,04%
<i>Erythrina variegata</i> L.	Caraqueño, Pisamo variegado	Fabaceae	2	0,04%
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch. Hoy reconocida filogenéticamente como <i>Moquilea tomentosa</i> Benth.	Oití de playa	Chrysobalanaceae	2	0,04%
<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimoya	Annonaceae	1	0,02%
<i>Libidibia punctata</i> (Willd.) Britton	Ébano, Fierro	Fabaceae	1	0,02%
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Cámbulo	Fabaceae	1	0,02%
<i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Sapote	Malvaceae	1	0,02%
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Guadua	Poaceae	1	0,02%
<i>Crateva tapia</i> L.	Totujando, Naranjuelo	Capparaceae	1	0,02%
<i>Schefflera arboricola</i> (Hayata) Merr.	Cheflera	Araliaceae	1	0,02%
<i>Melia azedarach</i> L.	Paraíso	Meliaceae	1	0,02%
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Júpiter	Lythraceae	1	0,02%
<i>Aiphanes horrida</i> (Jacq.) Burret.	Palma Mararay, Corozo	Arecaceae	1	0,02%
<i>Archontophoenix cunninghamiana</i> (H.Wendl.) H.Wendl. & Drude	Palma quency	Arecaceae	1	0,02%
<i>Moquilea pyrifolia</i> (Griseb.) R.O. Williams	Merecure	Chrysobalanaceae	1	0,02%
<i>Guaiacum sanctum</i> L.	Guayaco	Zygophyllaceae	1	0,02%
<i>Coccoloba acuminata</i> Kunth	Maíz tostado	Polygonaceae	1	0,02%
<i>Dypsis madagascariensis</i> (Becc.) Beentje & J.Dransf.	Palma de madagascar	Arecaceae	1	0,02%
<i>Cupania americana</i> L.	Mestizo	Sapindaceae	1	0,02%
<i>Bauhinia purpurea</i> L.	Casco de vaca, "orchid tree"	Fabaceae	1	0,02%
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Higuerón	Moraceae	1	0,02%
<i>Jatropha curcas</i> L.	Jatropha, Piñón de purga	Euphorbiaceae	1	0,02%
<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	Arrayán	Myrtaceae	1	0,02%
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Cachimbo, Pisamo	Fabaceae	1	0,02%
<i>Nectandra villosa</i> Nees & Mart.	Amarillo, Laurel	Lauraceae	1	0,02%
<i>Citrus × aurantium</i> L.	Naranjo	Rutaceae	1	0,02%
<i>Pachira glabra</i> Pasq.	Cacao	Malvaceae	1	0,02%
<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh	Guayaba arazá	Myrtaceae	1	0,02%
<i>Adenantha pavonina</i> L.	Chocho rojo	Fabaceae	1	0,02%
<i>Rhapis excelsa</i> (Thunb.) A. Henry	Palma licuala spinosa, Rafis	Arecaceae	1	0,02%
<i>Calliandra trinervia</i> Benth.	Carbonero rojo	Fabaceae	1	0,02%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Amyris pinnata</i> Kunth	Murraya	Rutaceae	1	0,02%
<i>Pereskia bleo</i> (Kunth) DC.	Clarol, Bleo	Cactaceae	1	0,02%
<i>Gustavia superba</i> (Kunth) O. Berg	Membrillo, Pacó	Lecythidaceae	1	0,02%
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	Calistemon, Eucalipto ornamental	Myrtaceae	1	0,02%
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	Oxalidaceae	1	0,02%
<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud	Datilera de las Canarias	Arecaceae	1	0,02%
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Resucitado	Malvaceae	1	0,02%
<i>Flacourtia indica</i> (Burm. f.) Merr.	Cerezo de gobernador	Salicaceae	1	0,02%
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Pino vela	Cupressaceae	1	0,02%
<i>Annona squamosa</i> L.	Anón	Annonaceae	1	0,02%
<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Gualanday	Bignoniaceae	1	0,02%
<i>Callistemon viminalis</i> (Sol. ex Gaertn.) G. Don	Calistemon llorón	Myrtaceae	1	0,02%
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro rosado	Meliaceae	1	0,02%
<i>Garcia nutans</i> Vahl	Avellano	Euphorbiaceae	1	0,02%
<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C. Wendl.	Bambú amarillo	Poaceae	1	0,02%
<i>Genipa americana</i> L.	Jagua	Rubiaceae	1	0,02%
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Chirlobirlo, Fresno, Flor amarillo	Bignoniaceae	1	0,02%
<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Thwaites	Pino hindú	Annonaceae	1	0,02%
<i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill.	Dama de la noche	Cactaceae	1	0,02%
<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (O. Berg) Nied.	Guayabo agrio	Myrtaceae	1	0,02%
<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav.	Aliso	Betulaceae	1	0,02%
<i>Amphitecna latifolia</i> (Mill.) A.H. Gentry	Calabacillo	Bignoniaceae	1	0,02%
<i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret.	Arrayán	Myrtaceae	1	0,02%
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Tipa colorada	Fabaceae	1	0,02%
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Senegalia	Fabaceae	1	0,02%
Total general			4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las familias botánicas más representativas, siendo la más abundante la familia Fabaceae con 3.208 individuos arbóreos, seguida de Arecaceae con 395 individuos y la familia Bignoniaceae con 112 individuos arbóreos, que corresponden al 71,7%, 0,9% y 0,2% respectivamente (Figura 13).

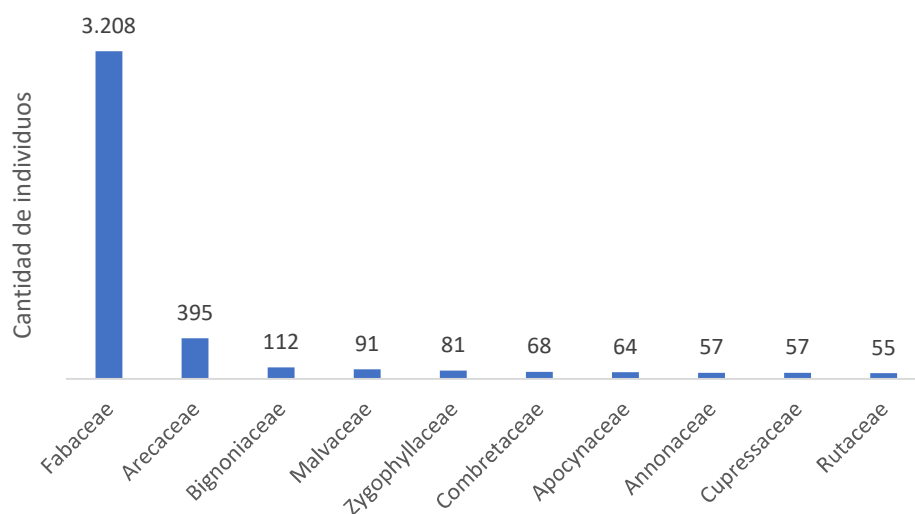


Figura 13. Familias representativas de la cabecera municipal.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa de desarrollo

Durante el transcurso del censo arbóreo, se encontró que la mayoría de los individuos se encuentran en la etapa de desarrollo adulta con un total de 4.100 registros equivalente al 90,1% del total de árboles censados.

Por otro lado, se encontró que el estado de desarrollo menos frecuente fue muerto con 18 individuos, con un porcentaje del 0,4% de la cobertura arbórea censada (Tabla 4).

Tabla 4. Etapa de desarrollo en el municipio.

Etapa de desarrollo	Número de individuos	Porcentaje de Individuos
Adulto	4.100	90,1%
Juvenil	328	7,2%
Tocón	56	1,2%
Adulto senescente	46	1,0%
Muerto	18	0,4%
Total general	4.548	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Condición

De acuerdo con el análisis de la condición de las especies censadas en la cabecera municipal, se encontró que el 78,4% corresponden a especies nativas, entre las cuales predominan las especies *Geoffroea spinosa* Jacq., *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Guaiacum officinale* L.

y *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., mientras el 19,9% representa las especies introducidas del municipio, integradas principalmente por *Dyopsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf., *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc., *Caesalpinia pluviosa* DC, *Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook y *Terminalia catappa* L. (Tabla 5). El 1,6% restante coincide con individuos que no se pudieron identificar por ser tocones o muertos.

Tabla 5. Condición de las especies.

Condición	Porcentaje
Nativa	78,4%
Introducida	19,9%
Sin identificar	1,6%

Fuente: Elaboración propia.

Tipo (arbusto/árbol/palma)

De acuerdo con la clasificación de tipo para la cobertura arbórea censada, se encontró que el mayor porcentaje corresponde a tipo Arbusto (62,9%), seguido de Árbol (24,1%) y Palma (8,7%), como se indica en la Tabla 6. La categoría Árbol/Arbusto hace referencia a aquellos individuos que poseen el potencial genético para llegar a la condición de Árbol, pero son fuertemente influenciados por las condiciones fenotípicas (del entorno) ocasionado que su condición alcance el estatus de Arbusto en la cabecera municipal o incluso en otras cabeceras municipales. Por lo tanto, para evitar contradicciones en la estandarización de la base unificada a nivel departamental, desde la unificación del listado de especies, se presentan esta condición como una nueva categoría.

Tabla 6. Clasificación de la cobertura arbórea según su tipo.

Tipo	Número de individuos	Porcentaje
Arbusto	2.861	62,9%
Árbol	1.097	24,1%
Palma	393	8,7%
Árbol, Arbusto	113	2,5%
Sin información	74	1,6%
Otro	8	0,2%
Total	4.548	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

6.2 ANÁLISIS ESPACIAL

Distribución espacial de individuos censados

De acuerdo con las coordenadas obtenidas de cada uno de los registros, la distribución espacial de los individuos es generalizada a lo largo y ancho del municipio en zonas mayormente desarrolladas. Se identifica alta concentraciones en parques y escenarios deportivos. (Figura 14). Si bien la zona céntrica presenta la menor cantidad de árboles al interior de las calles, 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. Para los procesos de planificación y gestión del arbolado urbano, deben priorizarse los barrios del centro tradicional y sectores urbanizados 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.

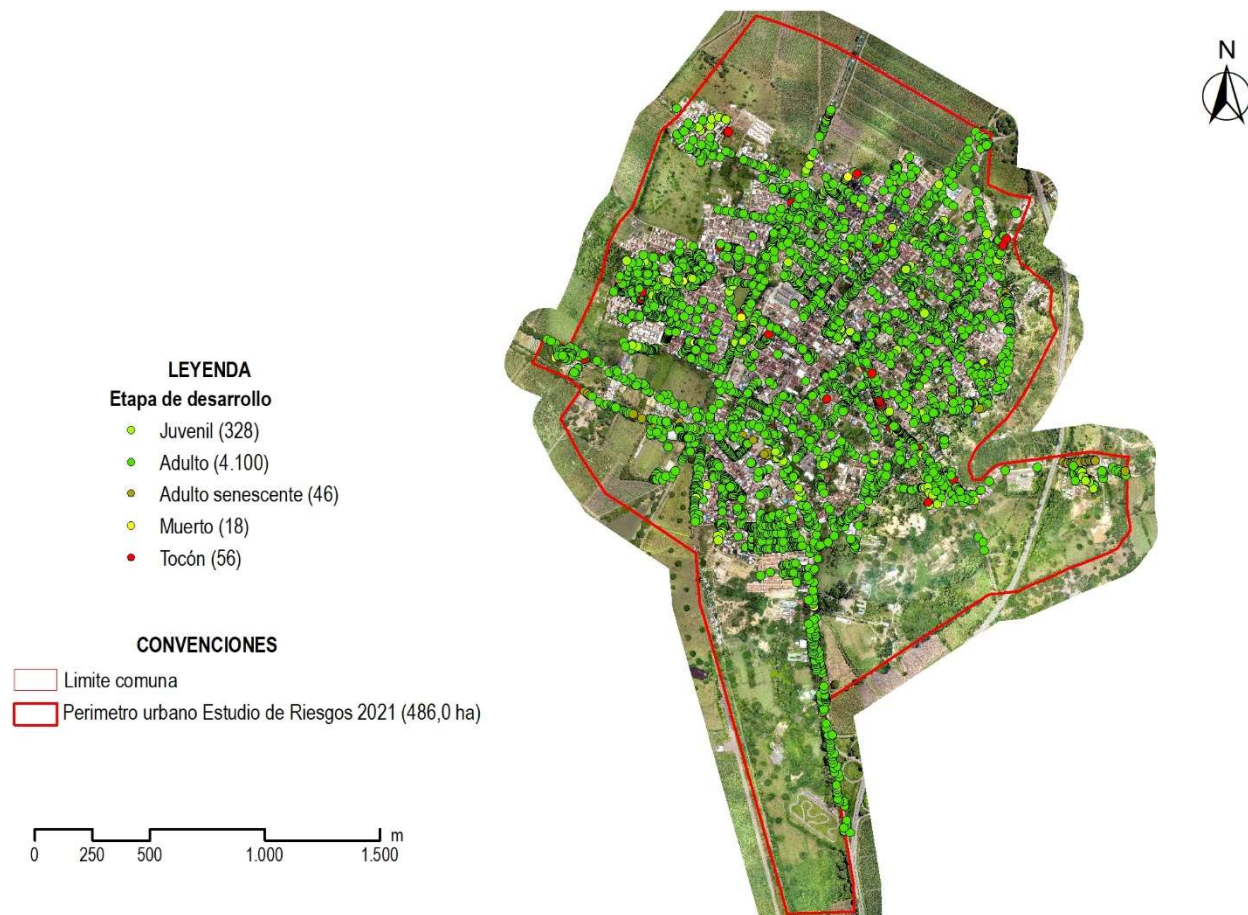


Figura 14. Distribución espacial de la cobertura arbórea en el municipio por Comunas.
Fuente: Elaboración propia.

6.3 INDICADORES DE DENSIDAD ARBÓREA

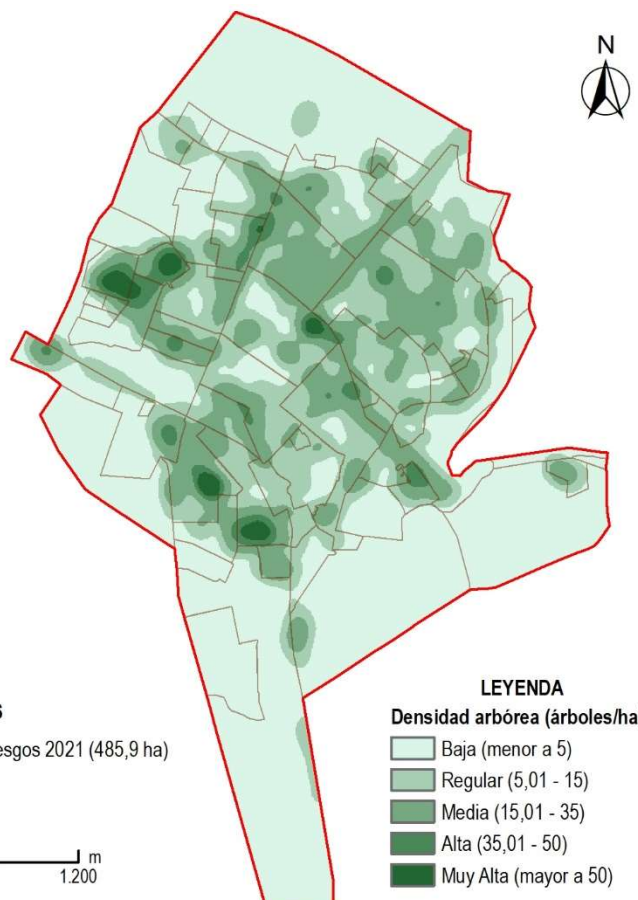
Indicador árboles por hectárea

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

En todas la mayoría de los barrios se identifican zonas de concentración, siendo más notorias en los barrios de mayor densidad de individuos donde se alcanza la mayor categoría de Muy Alta con más de 50 árboles por hectárea. En comparación entre las categorías extremas de la escala (Baja y Muy Alta), se presenta mayor participación de la categoría Baja (Figura 15). Aunque las condiciones entre Media y Alta equivalen al 22,8% del municipio.

Las zonas destacadas y de gran importancia se presentan en el Barrio El Centro por la presencia del Parque Principal (Parque Santander) que alberga más de 83 individuos y el parque de los Lagos, en el barrio que lleva el mismo nombre, con 108 individuos. Sin embargo, se presentan casos de alta densidad en combinación de parques y distribución de individuos entre las calles, como son los casos de los barrios Pallanos, Villa Isabelita y Urb. Guadualito y el barrio Los Lagos Etapa II, siendo este un factor positivo de apropiación ciudadana. Otro aspecto importante para resaltar tiene que ver con los barrios Zarzalito, El Guamal y Vergel donde se presenta un corredor superior a los 600 m sobre la zona de protección de la línea férrea.

NOM_BARRIO	AREA_HA	ARBOLES	NOM_BARRIO	AREA_HA	ARBOLES
Azucarero	1,5	10	Pama	17,7	161
El Cocli	3,0	28	Asovina	1,9	41
Lares De La Quinta	3,1	10	La Mariela	26,3	10
Las Brisas	1,0	Sin información	El Nevado	0,5	6
Urb. Zarzalito	5,5	79	Gonzalo Echeverry	10,8	149
El Limonar	2,9	14	Bajo Buenos Aires	2,1	3
La Isabelita	5,2	40	La Valvanera	12,9	296
El Guamal	4,4	116	Las Mercedes	11,7	155
Villa Isabelita	2,8	122	Villa Yoli	1,6	7
Quinto Centenario	2,4	32	Los Almendros	2,1	28
Urb. Ciudad Jardin	2,5	105	Diana Marcela	1,0	20
Libraida	6,8	111	Salamanca	0,5	Sin información
El Vergel	0,8	12	Puertas Del Sol I	0,3	8
Ciudad Kennedy	4,1	4	Puertas Del Sol II	1,5	28
Urb. Guadualito	3,9	159	Ciudadela Del Norte	1,2	14
El Poblado II	0,5	Sin información	Bolivar	23,5	371
El Poblado I	0,6	4	Prado	0,4	1
El Progreso	0,9	2	Diana Maria	0,8	28
Villa Amelia	5,9	59	La Balastera	1,2	28
Villa Campestre	0,3	Sin información	La Esperanza	18,1	222
El Placer	9,4	111	Batallón	34,5	38
Los Lagos I Etapa	8,4	225	Discapitados	1,6	30
Los Lagos III Etapa	4,4	47	TOTAL	389	4.337
Los Lagos II Etapa	7,8	242			
Colombina	3,8	49			
Pallanos	5,9	164			
Los Lagos IV Etapa	1,9	47			
Villa Zarzal	2,7	Sin información			
Bicentenario	10,0	Sin información			
Los Lagos	48,2	49			
La Delfina	4,3	66			
Lina Maria	0,5	9			
El Centro	14,2	217			
La Inmaculada	11,0	165			
San Rafael	7,3	60			
El Quindío	14,8	253			
Brisas De Rio Paila	2,4	68			
Buenos Aires	2,0	14			



CONVENCIONES

- Perimetro urbano Estudio de Riesgos 2021 (485,9 ha)
- Limite comuna

LEYENDA

Densidad arborea (árboles/ha)

- Baja (menor a 5)
- Regular (5,01 - 15)
- Media (15,01 - 35)
- Alta (35,01 - 50)
- Muy Alta (mayor a 50)

Figura 15. Indicador árboles por hectárea.
Fuente: Elaboración propia.

Indicador árboles por metro cuadrado (vías principales) Arbolado en 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. A diferencia de los demás indicadores, las cinco categorías de este indicador se establecieron por defecto por el método de Natural Breaks (Jenks).

Basados en el indicador, el municipio de zarzal presenta conectividad en la mayoría de las vías principales del municipio, siendo las mayores concentraciones sobre la calle 11 que atraviesa el municipio hacia la salida para el corregimiento de Limones, la vía férrea a la altura del Barrio El Guamal y la vía Zarzal-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 Zarzal al aeropuerto, influenciado por el desarrollo urbano, al igual que la vía que conduce de Zaragoza a Pereira (Figura 16).

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

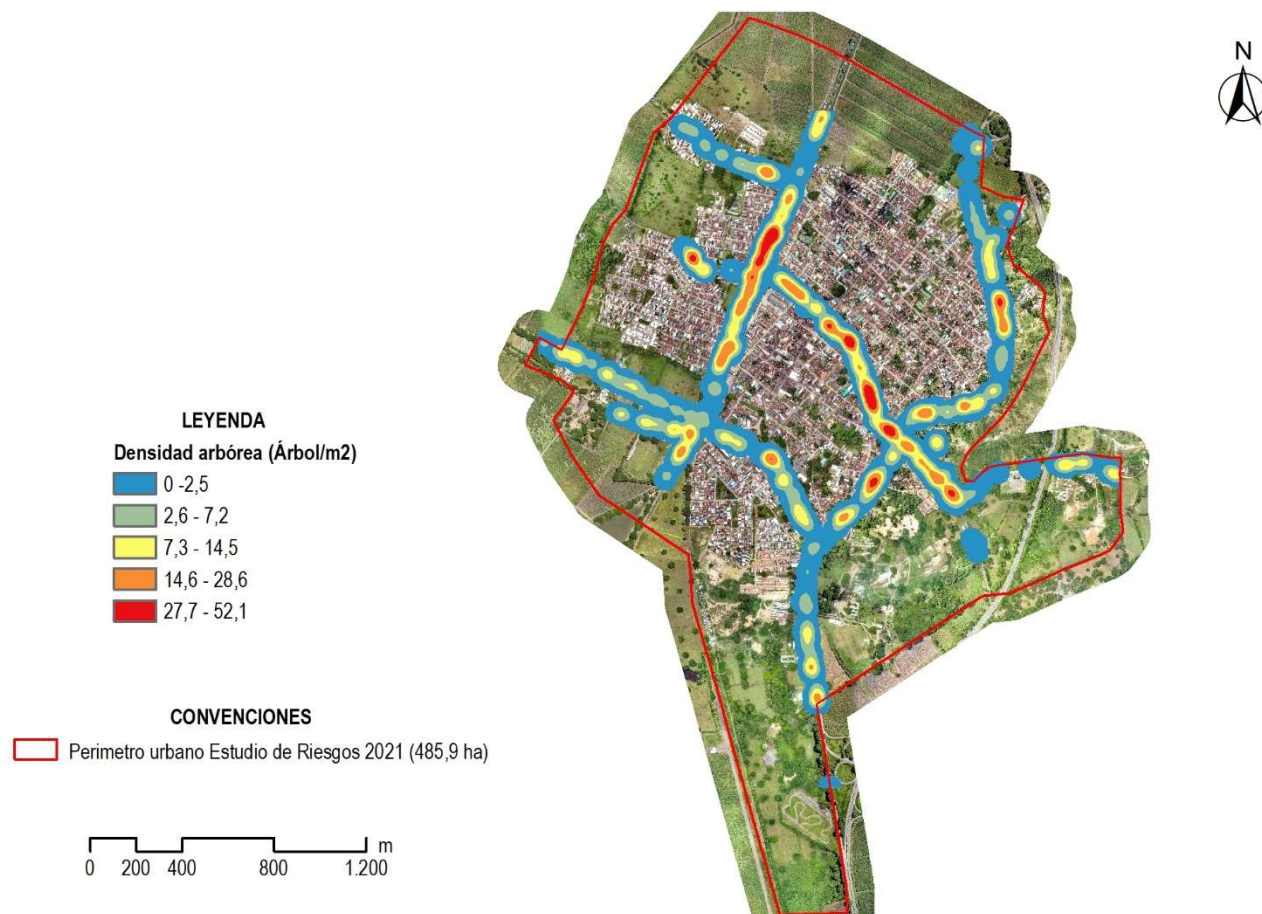


Figura 16. Indicador árboles por hectárea en vías principales.
Fuente: Elaboración propia.

Indicador habitantes por árbol (cabecera municipal)

Este indicador relaciona el número de habitantes (29.392 hab) y la cantidad de árboles (4.548 individuos arbóreos vivos) al menor nivel de detalle, equivalente a 6 habitantes por árbol (aprox.) en la cabecera municipal. Para este caso se tuvo en cuenta información poblacional del DANE (2018), el perímetro urbano extraído del Estudio de Riesgo (CVC-Univalle, 2021) y el censo actual.

Establecer un indicador a nivel de cabecera es importante porque enmarca un referente local comparable a través del tiempo o comparable con otras cabeceras urbanas en el departamento, a nivel nacional o incluso referentes internacionales (Tabla 7). Siendo también una ventaja, la posibilidad de

re escalar el indicador a mayores niveles de detalle, pasando de cabecera municipal a comuna, barrio, manzana o incluso calle, según la información disponible.

Tabla 7. Indicador habitantes por árbol en algunas caberas municipales.

Ciudad	Habitantes	Individuos arbóreos vivos	Relación
Zarzal	29.392	4.548	6,5
Pereira	396.187	21.868	18,1
Bogotá	7.461.546	1.160.526	6,4
Medellín	2.215.196	279.769	7,9
Cali	2.333.213	163.000	14,3
Nueva York	8.175.133	592.130	13,8
Buenos Aires	2.891.082	372.625	7,8
Madrid	2.938.723	264.811	11,1

Fuente: Adaptado de Jardín Botánico Universidad Tecnológica de Pereira (2015).

De acuerdo con la información del censo de 2017 y el plan municipal para la gestión del riesgo de desastres (Alcaldía de Zarzal, 2018), para la cabecera municipal el índice era de 154 habitantes por árbol (aprox.). Sin embargo, se identifican dos factores que influyen en el mejoramiento del indicador actualidad (6 habitantes por árbol aprox.):

1. Aumenta la cantidad de individuos vivos en el perímetro urbano, pasando de 183 individuos en el 2017 a 4.458 individuos vivos en el 2021. Esto debido en mayor medida a que no se contaba con un censo arbóreo del municipio y la información existente representaba la caracterización parcial de individuos dispersos, adicional a ello que se incluyeron áreas forestales protectoras, vías férreas y nuevas zonas verdes por incorporación de nuevos desarrollos urbanísticos.
2. El número de habitantes aumento de 28.135 en 2005 (Alcaldía de Zarzal, 2018) a 29.392 habitantes en el 2018 con base a la información del DANE (2018). Dicha cantidad reportada en el 2018 es distante de los 45.000 habitantes reportado en la página oficial de la Alcaldía de Zarzal (<http://www.zarzal-valle.gov.co/municipio/nuestro-municipio>). Sin embargo, esta cantidad se asocia a todo el perímetro municipal y no solamente al perímetro urbano. De modo tal que se trabajó con la información del DANE (2018) porque permite identificar la distribución de habitantes a niveles detallados de comuna y barrio, a diferencia de las demás fuentes identificadas. No obstante, cabe tener en cuenta que se puede presentar un subestimación de la población en todos los niveles de los indicadores, dado que las capas provienen de diferentes fuentes y en algunos casos no coincide el trazado de los límites, lo cual ocasiona dificultades en el procesamiento.

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 Estudio de Riesgo (CVC-Univalle, 2021). Por el uso de diferentes fuentes cartográficas se presentaron errores principalmente de tipología, lo que dificultó la asociación entre los habitantes, el límite espacial del barrio y el número de árboles en algunos sectores, en esos casos la zona de estudio se presenta como sin información.

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).

Tal como se presenta en la Figura 17, a diferencia del indicador de densidad arbórea, la población ejerce un papel importante en el arbolado y zonas consideradas de Baja densidad pueden pasar a categoría Regular o Media debido a la cantidad de habitantes a su alrededor, como se presenta en el barrios Pallanos, Villa Isabelita, Urb. Guadualito o El Centro. Pero también se puede presentar el efecto contrario: en algunos barrios como El placer, Lares de la Quinta o La Delfina donde la distribución de individuos arbóreos por hectárea se considerada Media y Regular, pero bajo el índice pasa a la categoría Baja y Regular favorecido por la cantidad de árboles y la relación de habitantes según la información del censo.

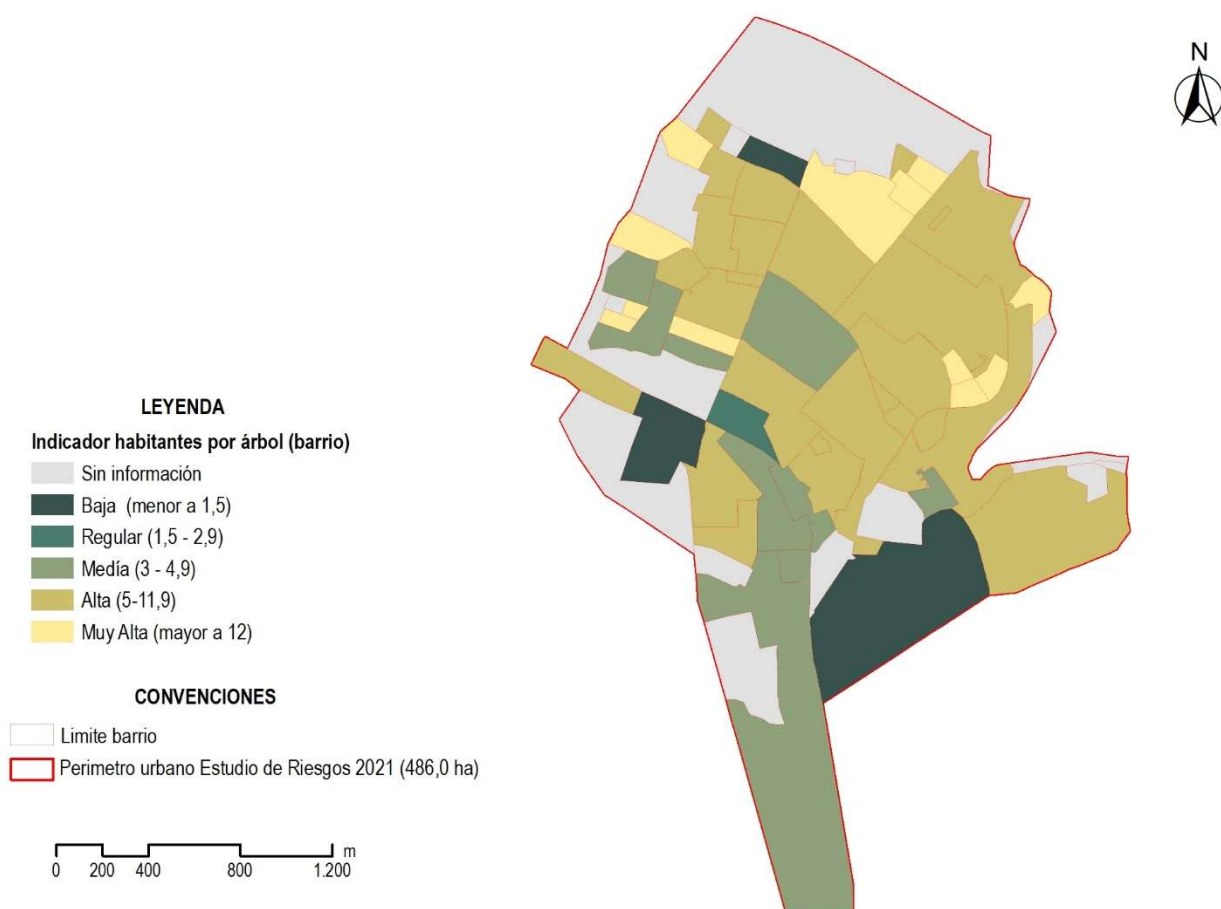


Figura 17. Indicador de habitantes por árbol por barrio.

Fuente: Elaboración propia.

De los 60 barrios identificados para Zarzal, 3 barrios están clasificados como Baja (5%), 1 barrio en categoría Regular (5%), 10 en categoría Media (17%), 25 en categoría Alta (42%), 12 barrios en categoría Muy Alta (20%) y el 9 de los barrios (15%) quedaron sin clasificación (Figura 18).

Entre los barrios clasificados con mejor categoría se identifican: el Barrio Batallón, Barrio El Placer y Barrio Lares De La Quinta. Sin dejar el Barrio La Delfina en condición Regular.

Entre los barrios clasificados con peor categoría se encuentran: el Barrio El Progreso, Barrio Villa Yoli, Barrio Bajo Buenos Aires, Barrio El Poblado I, Barrio Quinto Centenario, Barrio Puertas Del Sol II, Barrio El Cocli, Barrio Las Mercedes, Barrio Los Almendros, Barrio Discapacitados, Barrio Ciudadela Del Norte, siendo el Barrio Ciudad Kennedy el único barrio que supera la franja de 100 habitantes por árbol.

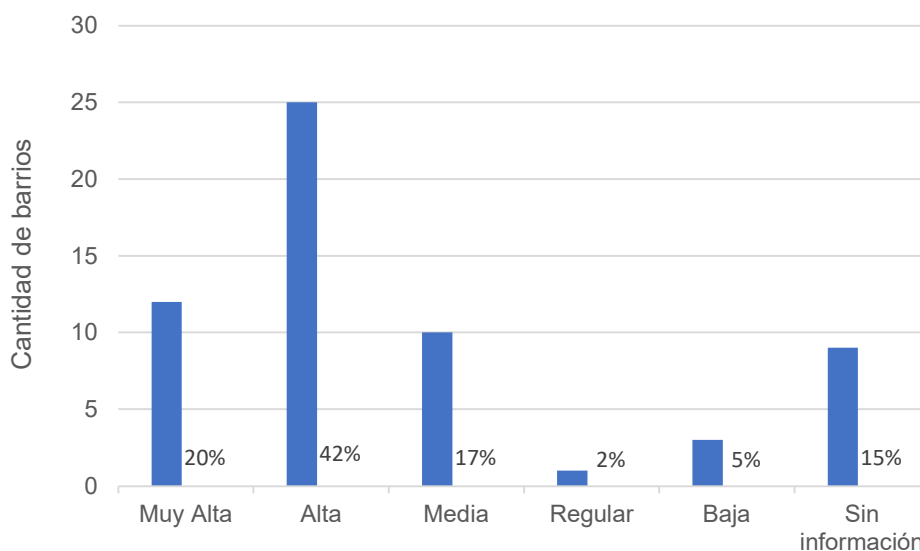


Figura 18. Numero de barrios por categoría del indicador habitantes por árbol.
Fuente: Elaboración propia.

Dicho panorama establece una ruta de priorización de barrios donde se requiere mejorar la cantidad de individuos y la relación habitantes por árbol, iniciando por los barrios más críticos hacia los menos críticos. En lo posible llegar al máximo nivel de detalle de cuadra o manzana en la medida que la información lo permita, principalmente errores de tipología, dado que bajo ese contexto se puede establecer referentes de más de 10 árboles por manzana para la construcción del indicador (Toharia, 2018).

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

6.4 VARIABLES DASMÉTRICAS

Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Esta variable se determinó en campo como circunferencia a la altura del pecho (CAP) y por operación matemática se convirtió a DAP para facilitar la interpretación y el análisis. Los individuos censados en la cabecera municipal de Zarzal se caracterizaron por presentar diámetros a la altura del pecho – DAP variados, siendo los más numerosos los ubicados en la categoría inferiores o menores a 0,20 m, correspondiente al 48,3%, seguida de la categoría 2, en el intervalo de 0,20-0,40 m corresponde al 38,2% del total de los árboles vivos censados. Esto significa que la mayoría de los árboles han sido seleccionados para adaptarse a las limitaciones de espacio del entorno urbano, en donde las especies con menor DAP pueden establecerse en una mayor variedad de emplazamientos. Adicionalmente, las especies con menor DAP son de más fácil manejo y apropiación por parte de la comunidad. Los individuos en la categoría No Aplica corresponden a setos o gramíneas (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl., *Guadua angustifolia* Kunth, *Phyllostachys aurea* Carrière ex Rivière y C. Rivière).

Por otro lado, solamente el 2,8% de los árboles se encuentran en la categoría diamétrica mayor a 1,0 m, siendo árboles que se caracterizan por su gran envergadura. Las especies más representativas en cuanto a tamaño y estructura corresponden a *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. El reto para la gestión del arbolado es aumentar el porcentaje de árboles de mediana y gran envergadura, entre 0,41 y 1,0 m de DAP. Esto se puede lograr aprovechando las áreas disponibles en espacios como separadores viales, parques y zonas verdes, para la siembra de especies de mediana y gran envergadura.

Tabla 8. Distribución del número de individuos por rangos de DAP en la cabecera municipal.

DAP (m)	Número de Individuos	Porcentaje de población
≤ 20	2.163	48,3%
0,21 - 0,40	1.711	38,2%
0,41 - 0,60	325	7,3%
0,61 - 0,80	76	1,7%
0,81 - 1,00	70	1,6%
> 1,00	125	2,8%
No Aplica	4	0,1%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que, dentro de las especies que presentan mayor DAP promedio, se encuentra en primer lugar la *Acacia senegal* (L.) Willd. con 106,8 cm, seguido de *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem. con 107,5 cm. También sobresalen las especies *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Erythrina fusca* Lour. con un promedio de 97,5 cm, 94,9 cm y 86,9 cm, respectivamente. Por su parte las especies *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Sabal mauritiiformis* (H.Karst.) Griseb. & H.Wendl., *Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karst. tienen en promedio un DAP de 85,1 cm, 81,2 cm y 78,6 cm, seguidos de las especies *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels, *Ficus benjamina* L. A. Henry con 56,0 cm y 50,8 cm de DAP.

Altura total

Los individuos forestales censados en el municipio se agruparon en 6 categorías de altura, siendo los ≤ 5 m en la que se agruparon el 71,3% del total de la cobertura censada, seguido por la altura entre 5,1 – 10,0 m con un porcentaje de 21,2%. Tan solo el 0,4% de los árboles cuenta con una altura de 20,1 – 25,0 m y solo 1 individuo (0,0%) corresponde a $>25,0$ m. Esto se encuentra directamente relacionado con que el 62,9% de la cobertura arbórea registrada corresponde a Arbusto. La distribución de la altura se detalla en la Tabla 9. El 92,5% de los árboles tiene una altura menor a 10 m. Esto está relacionado con las limitaciones de espacio aéreo en el entorno urbano, lo cual impide el pleno desarrollo de la copa. El reto para la planificación de nuevo arbolado es analizar cuidadosamente la disponibilidad de espacio aéreo y lograr el establecimiento de especies de alto porte en los espacios identificados. En este sentido, no se recomienda el establecimiento de especies de bajo porte en áreas con espacio aéreo disponible como parques, zonas verdes o separadores viales.

Tabla 9. Distribución del número de individuos por rangos de altura en el municipio.

Altura (m)	Número de Individuos	Porcentaje de población (%)
≤ 5	3.190	71,3%
5,1 – 10,0	948	21,2%
10,1 – 15,0	246	5,5%
15,1 – 20,0	71	1,6%
20,1 – 25,0	18	0,4%
$> 25,0$	1	0,0%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro de copa

De acuerdo con lo observado, los árboles censados muestran valores de diámetro de copa diversos al momento de ser compilados y analizados, los cuales se describen en la Tabla 10. Los individuos censados en el municipio se caracterizaron por presentar diámetros de copa, cuyo rango más representativo corresponde al de 2,01 – 4,0 m (37,5%), seguido de los rangos del 4,01 al 6,0 m y >10 m, que representan el 36,3% y 9,1% respectivamente. Los individuos en la categoría No Aplica corresponden a setos o gramíneas (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl., *Guadua angustifolia* Kunth, *Phyllostachys aurea* Carrière ex Rivière y C. Rivière).

Tabla 10. Distribución del número de individuos por rangos de diámetro de copa en el municipio.

Diámetro de Copa (m)	Número de Individuos	Porcentaje de población (%)
<2,00	209	4,7%
2,01 – 4,0	1.677	37,5%
4,01 – 6,0	1.624	36,3%
6,01 – 8,0	390	8,7%
8,01 – 10,0	165	3,7%
>10	405	9,1%
No Aplica	4	0,1%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, 209 individuos forestales corresponden al 4,7% y pertenecen a la categoría de diámetro de copa menor a 2,0 m. El 78,5% de los árboles censados tienen diámetros de copa menores a 6 m. Esto confirma la dominancia de las especies de porte pequeño en el arbolado urbano en la cabecera urbana de Zarzal. El reto para la gestión del arbolado es aumentar la cantidad de individuos con diámetros de copa mayores a 6 m. Esto se puede lograr analizando el espacio aéreo disponible en cada emplazamiento y sembrando las especies que, por su morfología, puedan abarcar dicho espacio.

Las especies que más envergadura reportan en cuanto a diámetro de copa promedio corresponden a *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem. (21 m), *Eugenia stipitata* McVaugh (20 m), *Albizia saman* (Jacq.) Merr. y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (19 m), *Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karst. (16 m), *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. y *Acacia senegal* (L.) Willd. (15 m), *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. (12 m) y *Exostema caribaeum* (Jacq.) Roem. & Schult. (12 m) y *Melicoccus bijugatus* Jacq. (11 m). Estas especies se encuentran agrupadas como >10, entre otras y corresponden al 9,1% del total. Para la gestión del arbolado urbano, es recomendable promover el desarrollo y establecimiento de especies con diámetro de copa dentro del rango entre 6 – 10 m, debido a que sólo representan el 12,4% del total, a pesar de no tener grandes requerimientos de espacio aéreo. Esto puede significar que los espacios potenciales para especies con diámetro de copa mediana (6 – 10 m) están siendo destinados a especies con diámetro de copa pequeña (2 – 6 m).

Inclinación

- **Grado de Inclinación**

Los árboles inclinados o torcidos pueden representar un riesgo si están en un entorno urbanizado. De acuerdo con la información levantada en campo, el 96,7% de los individuos arbóreos corresponde a la categoría de 0 – 15°. Para el municipio no se identificaron individuos con inclinación igual o superior a 45,1°, lo que se considera positivo siendo un reflejo de apropiamiento cultural del arbolado, aunque también influye la dominancia de especies de porte medio. También se observa que el 0,4% de los individuos presentan inclinaciones entre 30,1 – 45° que corresponden a 17 individuos arbóreos.

Tabla 11. Grado de inclinación de los árboles.

Grado de inclinación (°)	Número de individuos	Porcentaje
≤15	4.278	95,6%
15,1 – 30,0	177	4,0%
30,1 – 45,0	17	0,4%
≥45,1	0	0,0%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

- **Orientación de la inclinación**

Se determinó que 3.689 individuos arbóreos evaluados no presentan ningún tipo de orientación a alguna parte, contando con troncos verticalizados o aplomados, siendo un 82,5% del total de individuos arbóreos censados. La orientación direccionada hacia la vía corresponde a 402 individuos arbóreos, representando el 9,0%, mientras que la orientación correspondiente a zona verde y andenes corresponde a solo 214 y 129 individuos arbóreos del total censado. No aplica corresponde a setos de Limón suinglea (*Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr.).

Los indicadores de inclinación son importantes para la gestión del riesgo del arbolado urbano. Árboles con inclinación superior al 15% deben ser objeto de revisión por parte de un especialista para determinar si la inclinación representa un riesgo según el contexto urbano. Los árboles se inclinan por dos razones principales, la más frecuente se debe por competencia de luminosidad por solape de copas en la formación de dosel o proyecciones de sombra por edificaciones cercanas. Esta condición no representa un riesgo de caída, ya que la raíz compensa la inclinación para mantener la estabilidad del árbol. La otra razón es el desprendimiento o ruptura en la base del árbol debido a factores ambientales extremos (lluvias torrenciales, vientos atípicos). Este caso sí representa un riesgo de caída inminente y debe ser manejado de forma inmediata por parte de un especialista.

Tabla 12. Orientación de Inclinación de los árboles.

Inclinación hacia	Número de individuos	Porcentaje de Individuos
Ninguna	3.689	82,5%
Vía	402	9,0%
Zona verde	214	4,8%
Andén	129	2,9%
Edificaciones	38	0,8%
No aplica	2	0,0%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

6.5 EMPLAZAMIENTO

Confinamiento

El confinamiento es el atributo que hace referencia al espacio o límite espacial donde fue sembrado o plantado un árbol el cual puede ser una matera, encofrado de andén, jardinera, poceta, entre otros espacios existentes para el establecimiento de árboles urbano. Durante el desarrollo del censo arbóreo urbano en el municipio de Zarzal, se encontró que 2.728 individuos arbóreos, es decir el 61,0% fue plantada en espacios confinados o cerrados, mientras que el 39,0% de dicha cobertura corresponde a espacios no confinados o abiertos, es decir 1.746 individuos forestales.

Tabla 13. Confinamiento de los árboles censados en el municipio

Confinamiento	Número de individuos	Porcentaje de individuos (%)
Si	2.728	61,0%
No	1.746	39,0%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del 61,0% de la cobertura arbórea evaluada, se tiene que las especies con mayor confinamiento corresponden a *Geoffroea spinosa* Jacq. Con 1.972 individuos forestales, seguida de la especie *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. y *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. con 86 y 77 individuos forestales respectivamente. Por su parte, las especies *Albizia saman* (Jacq.) Merr y *Guaiacum officinale* L. cuentan con 71 y 60 árboles confinados, y le siguen las especies *Terminalia catappa* L. (55 individuos) y *Platyclusus orientalis* (L.) Franco (39 individuos). En seguida y con menor representación, se encuentran las especies *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum., *Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook y *Caesalpinia pluviosa* DC con menos de 35 representantes.

Emplazamiento

La mayor parte de los individuos censados se encuentran ubicados o plantados en andenes con un total de 3.011 registros, siendo las especies más representativas *Geoffroea spinosa* Jacq. con 2.054 individuos, seguido de la especie *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. con 120 individuos.

En segundo lugar, el emplazamiento que más tiene cobertura arbórea corresponde a Parque, plaza o plazoleta con 571 individuos establecidos, siendo la especie más abundante *Geoffroea spinosa* Jacq., *Caesalpinia pluviosa* DC., *Albizia saman* (Jacq.) Merr. y *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. con 262, 38, 30 y 27 individuos arbóreos respectivamente.

El emplazamiento con menor cantidad de cobertura arbórea corresponde a Separador vial que cuenta solo con cuatro individuos forestales entre las especies *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. y *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. (Tabla 14).

Tabla 14. Tipo de emplazamiento en la cabecera municipal.

Emplazamiento	Número de individuos	Porcentaje (%)
Andén	3.011	67,3%
Parque, plaza o plazoleta	571	12,8%
Vía férrea	288	6,4%
Otro	264	5,9%
Escenario deportivo	185	4,1%
Borde de cauce natural	60	1,3%
Borde de cauce artificial	53	1,2%
Glorieta o asimilable	23	0,5%
Vía peatonal	10	0,2%
Escenario cultural	5	0,1%
Separador vial	4	0,1%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

6.6 ESTADO FITOSANITARIO PRESUNTIVO

Para la evaluación del estado sanitario del arbolado urbano se utilizó la técnica del diagnóstico presuntivo, que consiste en una evaluación visual e integral del estado de un árbol a partir del reconocimiento de síntomas visibles en sus diferentes estructuras. El diagnóstico presuntivo tiene como finalidad la identificación de enfermedades en etapas tempranas de desarrollo, así como establecer estrategias de prevención, evaluación y manejo de los problemas fitosanitarios del arbolado urbano. De la información revelada por el censo arbóreo, puede surtir la necesidad de hacer evaluaciones específicas de individuos con problemas, como parte de una estrategia integral de manejo.

Grado de estrés

El grado de estrés del árbol urbano se define como la presencia o ausencia de un factor externo a la planta provocado condiciones medioambientales u otro ser vivo que ejerce una influencia negativa sobre su desarrollo óptimo (Agrios, 2005). La presencia de estos factores predispone al árbol para la llegada de plagas o patógenos que provocan el deterioro de su salud. En el caso del arbolado urbano, el grado de estrés está asociado principalmente a la presencia de plagas y enfermedades. Para valorar el grado de estrés en la inspección visual del arbolado urbano, se tuvieron en cuenta los cambios estructurales y biológicos de los árboles como respuesta a la presencia de factores externos de origen medioambiental o cultural. Para la clasificación del grado de estrés del arbolado urbano, se determinaron los siguientes niveles:

- **Alto:** (> 50%) se evidencia un aspecto clorótico y decolorado en más de la mitad del follaje, a veces con marchitamiento y muerte de hojas en el individuo arbóreo. Representa un riesgo inminente de caída de ramas y/o volcamiento.
- **Medio:** (20 – 49%) se evidencia un aspecto clorótico y decolorado en menos de la mitad del follaje del individuo arbóreo, no hay necrosis o marchitamientos pronunciados. Representa un riesgo potencial de caída de ramas.
- **Bajo:** (< 20%) se evidencia un aspecto clorótico y decolorado en menos de un 20% del follaje del individuo arbóreo; puede tener necrosis o marchitamientos leves en las hojas. Los tallos y ramas pueden estar afectados levemente, mostrando inicios de la enfermedad del individuo arbóreo.
- **Ninguno:** (0%) no se evidencia aspectos cloróticos y decolorados en el follaje del individuo arbóreo, aspecto muy saludable en el fuste y ramas.

En relación con los datos recolectados en campo, el grado de estrés de los árboles censados se presenta en la Tabla 15. A pesar de que la gran mayoría de los árboles del municipio se ubican dentro de la categoría de ningún grado de estrés (89,0%), es importante establecer estrategias de gestión del riesgo para los individuos clasificados en las categorías de bajo, medio y alto nivel de estrés.

Tabla 15. Cantidad de individuos por grado de estrés.

Grado de estrés	Número de individuos	Porcentaje de individuos (%)
Ninguno	3.983	89,0%
Medio	387	8,6%
Bajo	95	2,1%
Alto	9	0,2%
Total	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan lineamientos para la gestión del riesgo de acuerdo con las categorías establecidas.

- **Alto:** la primera medida de gestión para individuos con grado de estrés alto tiene como fin reducir el riesgo para las personas ante la posible caída de ramas y/o volcamiento del árbol. Restringir el acceso de personas en el área de influencia es una medida inmediata que implica reubicar espacios de permanencia como juegos o mesas, impedir el paso de personas y prohibir el estacionamiento de vehículos. Complementario a la restricción del acceso de personas, es importante proporcionar información al público a través de letreros o avisos, que expliquen de manera sencilla y sintética la situación de riesgo. La siguiente medida de gestión es la inspección detallada por parte de un especialista competente que realice una evaluación visual a nivel del suelo en busca de signos de falla estructural. En algunos casos especiales, se pueden requerir investigaciones más precisas, que incluyan evaluaciones del fuste, la condición del suelo y el anclaje de las raíces, inspecciones aéreas de la parte superior del tronco y la copa, y otros procedimientos para evaluar la naturaleza del deterioro, incluido el uso de

herramientas de diagnóstico especializadas. La decisión final del tipo de intervención (poda, tratamiento, erradicación) es responsabilidad de un especialista competente por parte de la autoridad ambiental.

- **Medio o Bajo:** los individuos con grado de estrés medio o bajo no implican un riesgo inminente para la seguridad de las personas. En este caso, la primera medida de gestión es aumentar la frecuencia y la intensidad del monitoreo de la condición del árbol, a través de un régimen especial de inspección y control. El objeto del régimen especial es gestionar el riesgo a un nivel aceptable y una evaluación más especializada para determinar el alcance del riesgo y las opciones de tratamiento. La decisión final del tipo de intervención (poda, tratamiento, erradicación) es responsabilidad de un especialista competente por parte de la autoridad ambiental.

Incidencia y severidad de patógenos

La incidencia se definió para catalogar árboles sanos y enfermos. El individuo enfermo presenta anomalías histológicas notables en respuesta al ataque presuntivo de un agente patógeno a nivel general (raíces, fuste, ramas, follaje), obstaculizando sus funciones fisiológicas generando debilitamiento y afectación en distintos tejidos. El individuo sano se define como la ausencia de estas anomalías histológicas notables en niveles que reduzcan su capacidad fisiológica. La severidad se definió como un rango para clasificar los individuos enfermos de acuerdo con el grado de afectación de la enfermedad sobre el individuo arbóreo, fraccionando la totalidad del árbol en cinco partes iguales y definiendo los siguientes grados de severidad:

- **Muy severo:** más del 80% del individuo con síntomas de enfermedad.
- **Severo:** entre el 61% y el 80% del individuo con síntomas de enfermedad.
- **Moderado:** entre el 41% y el 60% del individuo con síntomas de enfermedad.
- **Leve:** entre el 21% y el 40% del individuo con síntomas de enfermedad.
- **Muy leve:** menos del 20% del individuo con síntomas de enfermedad.

Con la evaluación visual presuntiva, el 9,3% de árboles vivos se identificaron como enfermos, equivalente a 416 individuos. La Figura 19 presenta la clasificación por grado de severidad de los individuos enfermos. A continuación se reportan las especies dominantes para cada uno de los rangos de severidad.

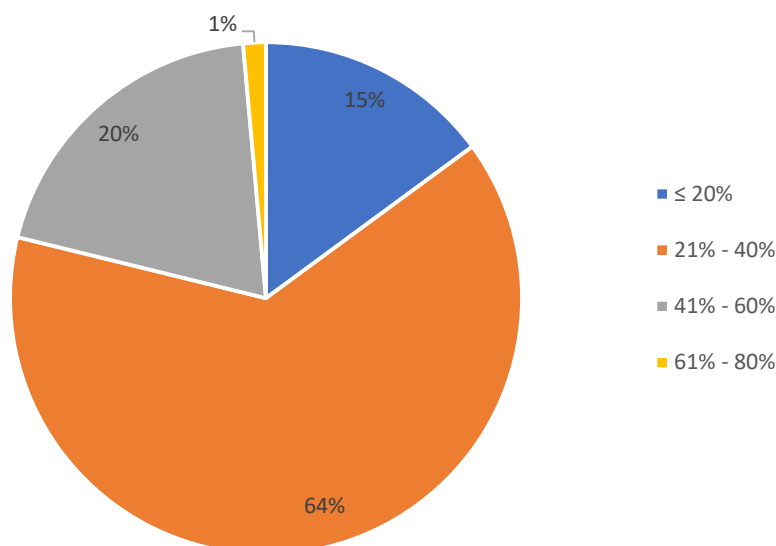


Figura 19. Severidad de individuos enfermos.

Fuente: Elaboración propia.

- **Muy severo:** no se identifican individuos en esta categoría.
- **Severo:** 6 individuos, con las siguientes especies destacadas: *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Mangifera indica* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Dyopsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. y *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose.
- **Moderado:** 82 individuos, con las siguientes especies destacadas: *Geoffroea spinosa* Jacq., *Caesalpinia pluviosa* DC, *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. y *Dyopsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.
- **Leve:** 266 individuos, con las siguientes especies destacadas: *Geoffroea spinosa* Jacq., *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Caesalpinia pluviosa* DC, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.
- **Muy leve:** 62 individuos arbóreos, con las siguientes especies destacadas: *Geoffroea spinosa* Jacq., *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum., *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Terminalia catappa* L. y *Guazuma ulmifolia* Lam.

La Figura 20 presenta las especies arbóreas con mayor número de individuos reportados en todos los grados de severidad de enfermedad. Esta información es importante para detectar aquellas especies que presentan mayor incidencia de enfermedad, lo cual evidencia problemas de adaptación a las condiciones del entorno urbano. A continuación se presenta un análisis de las especies que reportan mayor incidencia de enfermedad y se examinan posibles acciones de manejo.

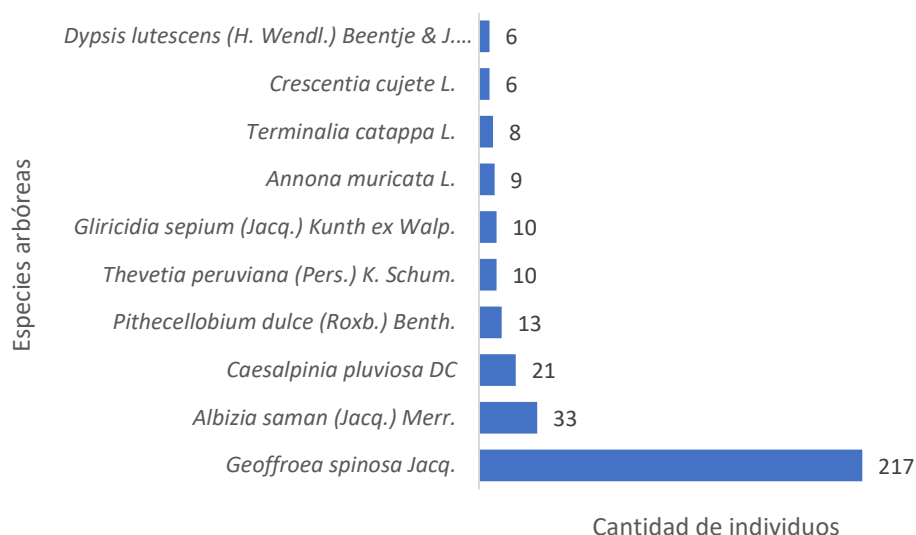


Figura 20. Especies con mayor número de individuos reportados en todos los grados de severidad de enfermedad.

Fuente: Elaboración propia.

- *Geoffroea spinosa* Jacq. Esta especie es la más abundante en la cabecera urbana de Zarzal (2.584 individuos) y presenta la mayor cantidad de individuos reportados como enfermos. Un 8,4% de la población está afectada por enfermedad, la mayoría de los cuales se ubican en el rango de severidad leve. Esto puede significar que la incidencia de la enfermedad sobre la especie no es lo suficientemente severa para afectar la totalidad del individuo, o que la enfermedad está en una fase inicial de desarrollo. En este último caso, debe establecerse un régimen especial de monitoreo que permita comprender la dinámica de la enfermedad y su posible condición epidémica.
- *Albizia saman* (Jacq.) Merr. Esta es la segunda especie más abundante en la cabecera urbana de Zarzal (293 individuos). Un 11,3% de la población está afectada por enfermedad, con una incidencia distribuida en todos los grados de severidad. En este caso se recomienda el análisis de las condiciones particulares que pueden estar afectando el correcto desarrollo de la especie, teniendo en cuenta que el porcentaje de afectación es bajo y la especie no es dominante en los diferentes grados de severidad.
- *Caesalpinia pluviosa* DC. Esta es la quinta especie más abundante en la cabecera urbana de Zarzal (88 individuos). Un 23,4% de la población está afectada por enfermedad, con una incidencia distribuida en los rangos moderado, leve y muy leve. El alto porcentaje de población afectada puede indicar que esta especie no se adapta bien a las condiciones del municipio. Se recomienda el análisis de la distribución espacial de los individuos enfermos y las condiciones del entorno que pueden estar afectando a la población. Se recomienda evaluar la adaptación de la especie a los suelos de la cabecera urbana.
- *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Esta es la octava especie más abundante en la cabecera urbana de Zarzal (69 individuos). Un 18,9% de la población está afectada por enfermedad, con una incidencia distribuida en los rangos moderado, leve y muy leve. El alto porcentaje de población afectada puede indicar que esta especie no se adapta bien a las condiciones del

municipio. Se recomienda el análisis de la distribución espacial de los individuos enfermos y las condiciones del entorno que pueden estar afectando a la población. Se recomienda evaluar la adaptación de la especie a los suelos de la cabecera urbana.

- *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum. Esta es la onceava especie más abundante en la cabecera urbana de Zarzal (56 individuos). Un 17,8% de la población está afectada por enfermedad. En este caso se recomienda el análisis de las condiciones particulares que pueden estar afectando el correcto desarrollo de la especie, teniendo en cuenta que el porcentaje de afectación es bajo y la especie no es dominante en los diferentes grados de severidad.

Patógenos reportados

El manejo de las patologías asociadas en el censo arbóreo se debe orientar hacia el manejo interdisciplinario de problemas fitosanitarios, considerando una visión de conjunto (arboleadas), y casos individuales (en arboles notables o emblemáticos en algunos casos), en cada una de las especies evaluadas, asociado a la incidencia y severidad de los patógenos.

La Figura 21 presenta los registros generados a partir de la información tomada en campo, en la cual se reporta que de 4.474 individuos arbóreos correspondientes a 146 especies evaluadas, 416 individuos arbóreos correspondientes a 52 especies de árboles reportaron patógenos. De esto se puede destacar que se hallaron con mayor presencia de enfermedades el grupo de hongos con un registro de 272 individuos, seguido por “Bacterias” con un total de 104 individuos enfermos, “Plantas parásitas” con 26 registros y finalmente 14 individuos en los que se hallaron “Otros” patógenos no identificados.

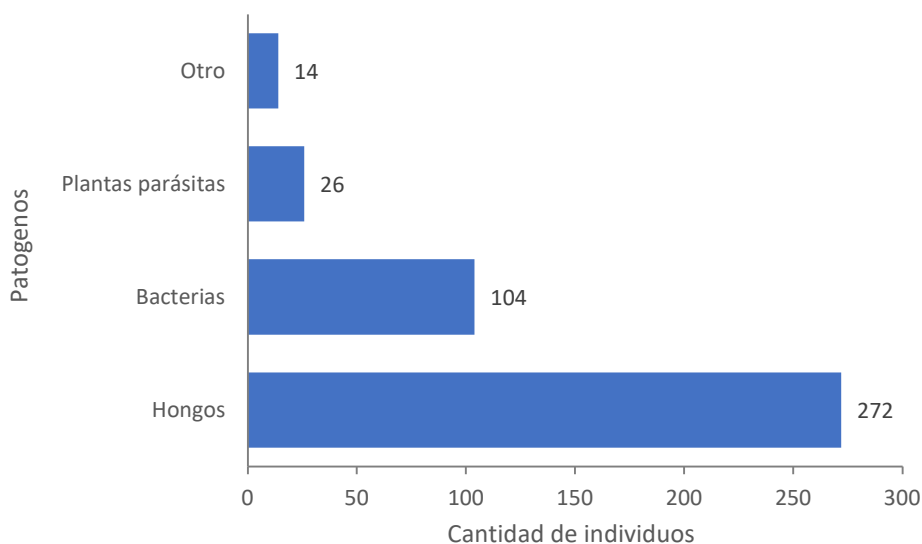


Figura 21. Patógenos asociados al arbolado urbano.

Fuente: Elaboración propia.

Para la gestión de los patógenos reportados, debe priorizarse el manejo integrado de las plagas y de las enfermedades del árbol urbano. Esta estrategia combina diferentes técnicas adecuadas y complementarias que tienen como propósito mantener las poblaciones de plagas y de patógenos a

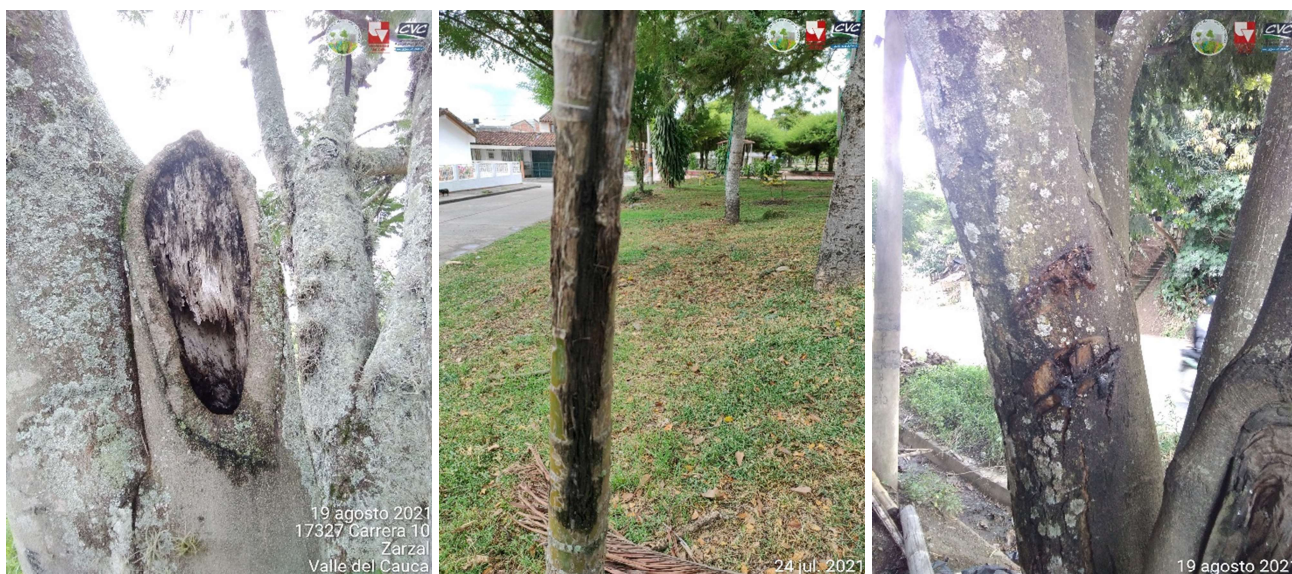
niveles aceptables y reducir o eliminar el uso de los plaguicidas. El manejo integrado comprende diversas estrategias como la prevención, la identificación de plagas y el monitoreo oportuno, con el fin de detectar niveles de tolerancia y umbrales de deterioro de la salud del árbol y evitar que pueda convertirse en un árbol peligroso que amerite gestión del riesgo.

El manejo integrado de las plagas y de las enfermedades del arbolado urbano proporciona herramientas que ayudan a tomar decisiones inteligentes en el control de las plagas y de las enfermedades. Los métodos de control y de evaluación están enfocados a conseguir la articulación de las estrategias de prevención y de métodos de control específicos que sean amigables con el medio ambiente y la salud de los arbolistas y de los ciudadanos.



Fotografía 3. Registros fotográficos asociadas a Hongos encontrados en individuos arbóreos.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 3 (continuación). Registros fotográficos asociadas a Bacterias encontrados en individuos arbóreos.

Fuente: Elaboración propia.

Especies arbóreas más afectadas por enfermedades

Conforme a los resultados obtenidos tras el muestreo de patógenos, se presentan datos asociados a las 10 especies arbóreas más afectadas; destacándose *Geoffroea spinosa* Jacq., con 217 individuos siendo la especie que más problemas fitosanitarios reportados en cuanto a hongos, representando un 52,2%. Seguido por *Albizia saman* (Jacq.) Merr., con 33 individuos arbóreos afectados, representando un 7,9%. . *Caesalpinia pluviosa* DC., con 21 individuos afectados, representando un 5% de los individuos enfermos. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., con 13 individuos afectados representando así un 3%. Finalmente *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum. Y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. con 10 individuos cada especie, representando el 2% cada una. Las demás especies reportadas cuentan con registros inferior al 2%.

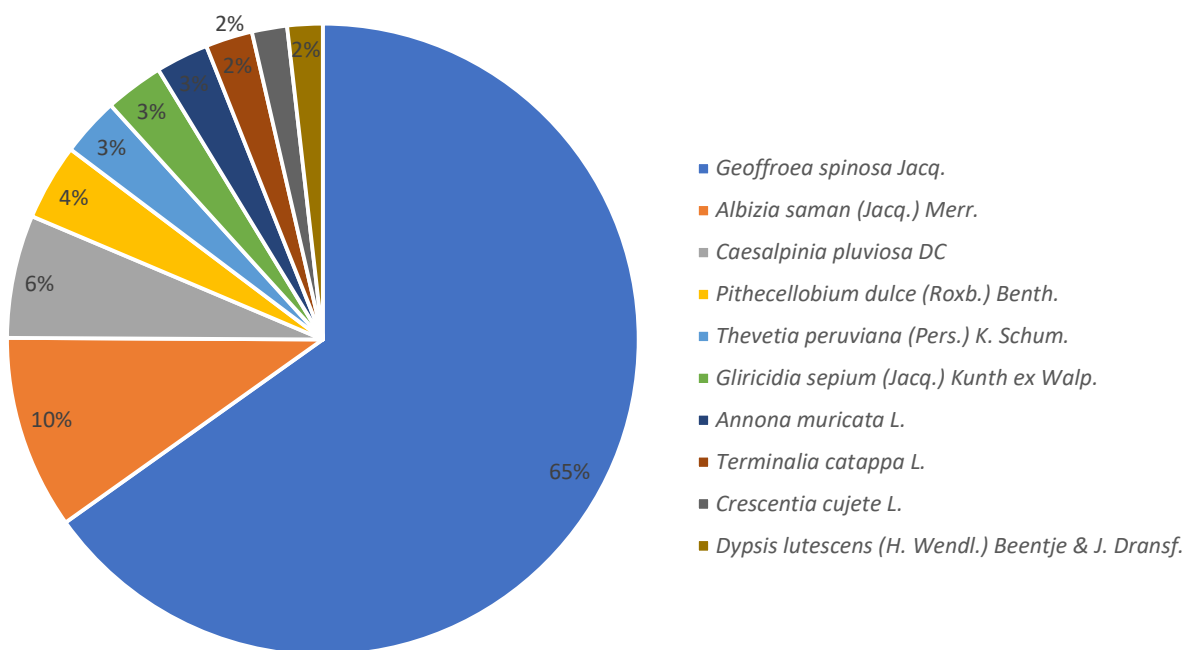


Figura 22. Especies arbóreas con más individuos enfermos.
 Fuente: Elaboración propia.

Síntomas de enfermedades

Luego de realizado el procesamiento de datos recopilados en campo, a través de la siguiente gráfica se exponen registros asociados al atributo de “síntomas de enfermedades” y la cantidad de individuos que se hallaron con su presencia. Es así como podemos relacionar que los síntomas más representativos hallados en los 416 individuos arbóreos enfermos fueron “Putridión/Tizones/Necrosis” con 217 árboles, seguido de “Chancros” con 87 individuos y “Exudados” con 49 individuos arbóreos con este síntoma.

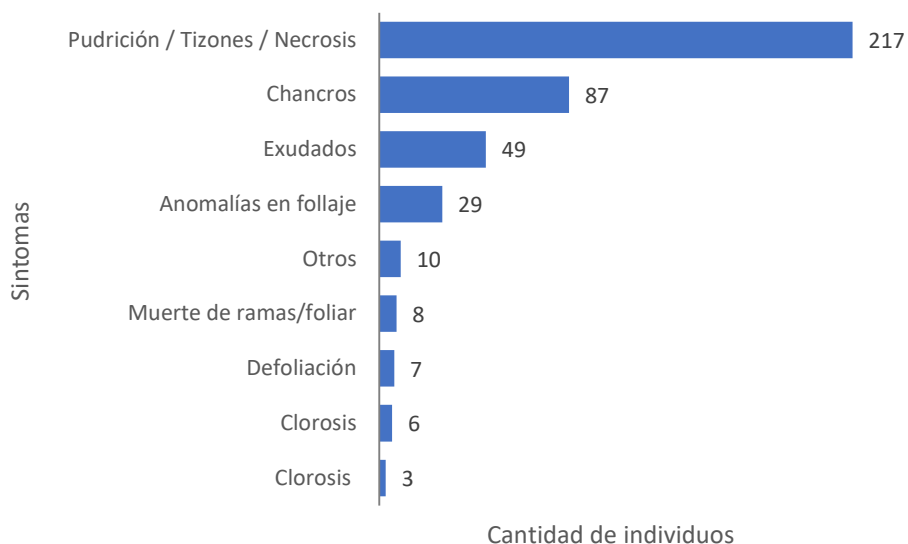


Figura 23. Síntomas asociados a enfermedades en individuos censados.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la anterior información reportada, en la Figura 24 se relacionan las 10 especies arbóreas con mayor cantidad de síntomas de enfermedades asociados a Pudrición / Tizones / Necrosis, Chancros y Exudados. Teniendo de esta forma la especie *Geoffroea spinosa* Jacq. con la mayor cantidad de individuos afectados, entre Pudrición / Tizones / Necrosis, Exudados y Chancros, con 143, 40 y 26 individuos, respectivamente, sumando entre los 3 síntomas el 50,2% del total de individuos con problemas fitosanitarios. La siguiente especie es *Albizia saman* (Jacq.) Merr., con 15 individuos en afectación por Pudrición / Tizones / Necrosis y 12 individuos con síntomas de Chancros, correspondiente al 6,5%. Los demás síntomas varían entre especies y síntomas, representando porcentajes inferiores al 3% entre combinación de síntoma y especie. Por Muerte de ramas/foliar se identificaron 8 especies, dos de ella en *Albizia saman* (Jacq.) Merr., sin embargo este síntoma representa el 1,9% de registros.

Los individuos marcados con Muerte de ramas/foliar, chancros y exudados es una condición que vale la pena evaluar en detalle, dado que la muerte de tejidos se asocia a procesos fisiológicos de renovación de natural, pero también a la mala intervención en podas en los individuos. La intervención de estos individuos está asociado a las recomendaciones del profesional de campo, siendo prioritaria la intervención en individuos con algún tipo de amenaza sobre la ciudadanía, seguido de la preservación de la condición de sanidad del individuo.

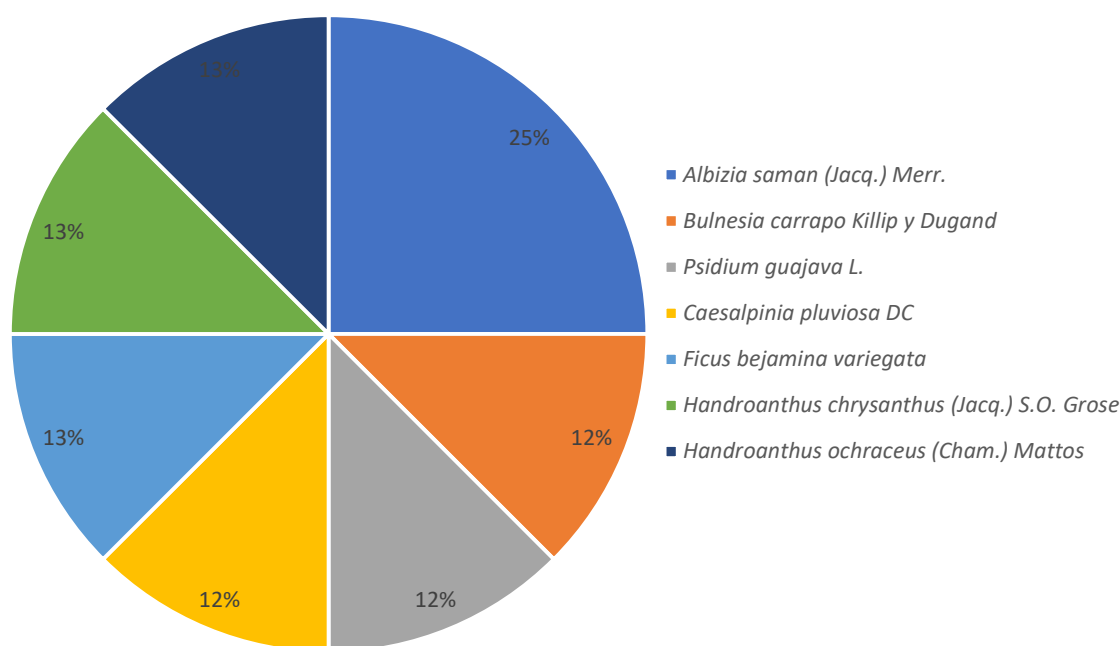


Figura 24. Especies arbóreas con síntomas de muerte de ramas/foliar.

Fuente: Elaboración propia.

Localización de síntomas de enfermedades a nivel de raíz, tallo y follaje

De acuerdo con la Figura 25, la parte vegetal en los árboles censados con mayor presencia de síntomas se concentra principalmente a nivel del tallo, siendo el síntoma de “Putridión/Tizones/Necrosis”, “Chancros” y “Exudados” quienes se destacan con el mayor número de reportes en árboles. En esta clasificación se destacan especies arbóreas como: *Geoffroea spinosa* Jacq. y *Albizia saman* (Jacq.) Merr., con el mayor número de aportes en los tres síntomas. Seguido por síntomas concentrados a nivel del follaje, siendo el síntoma de “Anomalías en follaje” “Defoliación” y “Clorosis” quienes se destacan al registrar el mayor número de individuos arbóreos. En esta clasificación se pueden destacar especies como: *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum., *Terminalia catappa* L., *Geoffroea spinosa* Jacq. y *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Caesalpinia pluviosa* DC., *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc., y *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. A nivel de raíces se identificaron 2 individuos con “Putridión / Tizones / Necrosis” por hongos en la especie *Albizia saman* (Jacq.) Merr.

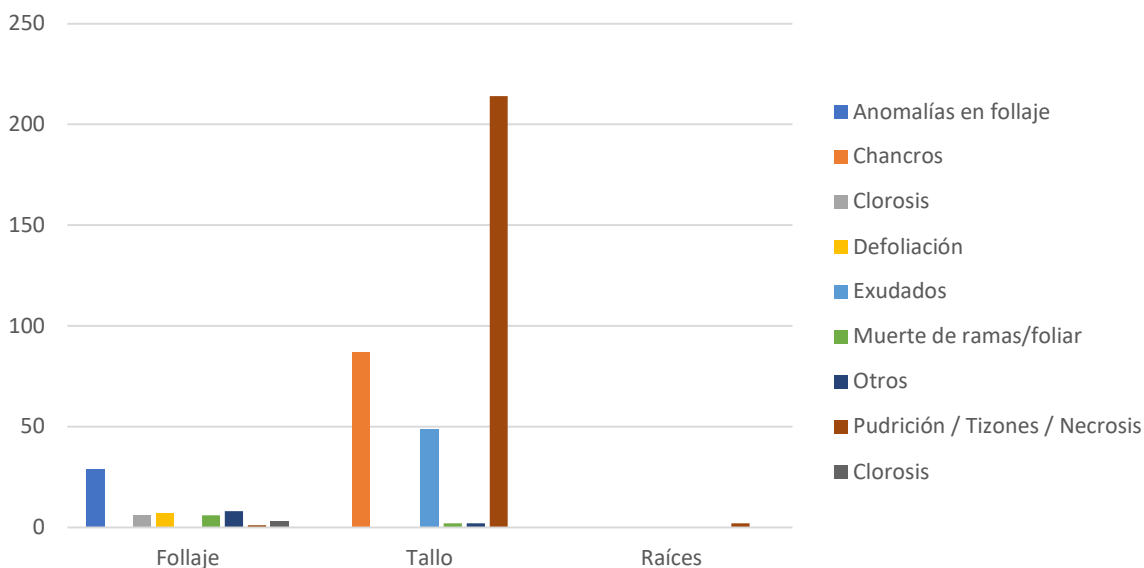


Figura 25. Localización de síntomas de enfermedades en árboles
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente en cuanto a localización de síntomas, en la siguiente gráfica se expone un reporte de 10 especies arbóreas con más síntomas de enfermedades reportados, ubicadas a nivel de tallo, raíces y follaje en los árboles.

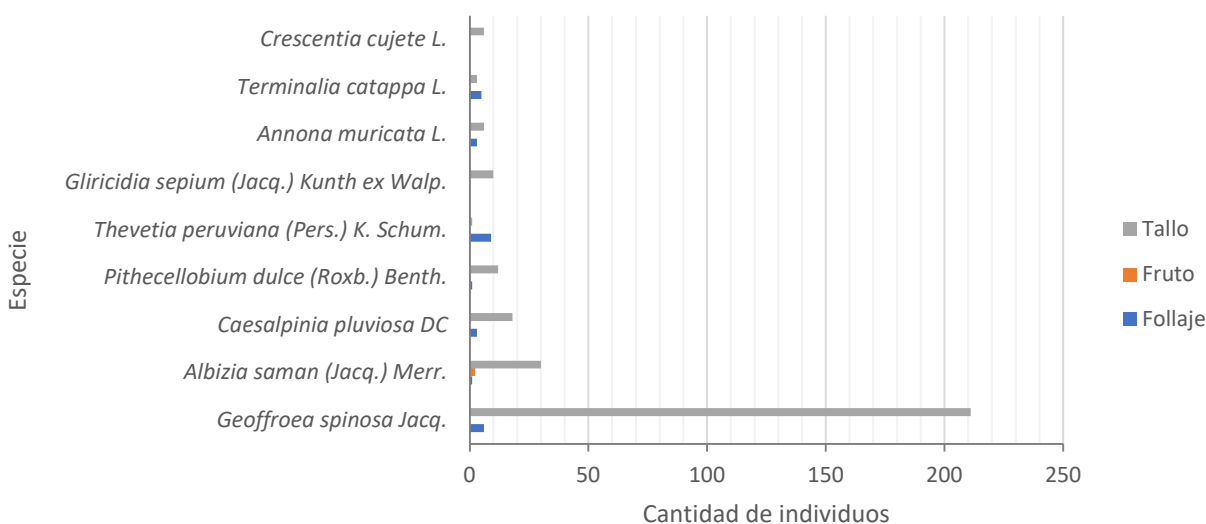


Figura 26. Especies arbóreas con mayor número de individuos asociados a síntomas localizados a nivel del tallo, follaje y frutos.
Fuente: Elaboración propia.

Vigorosidad

La vigorosidad de un individuo se asocia a la capacidad general de desarrollar sus funciones fisiológicas, por lo cual en muchos se sintetiza esta característica del individuo en asociación con características de grado de estrés, la presencia de plagas o enfermedades, incluso de daños físicos. Sin embargo, generalizar estas características en una sola descripción dificulta generar diagnósticos asertivos que direccionen esfuerzos en intervenciones puntuales. Dentro del censo, para este atributo se definieron tres niveles de vigorosidad entre:

- **Bueno.** Debe encontrarse con una estructura natural bien distribuida y estable, con crecimiento simétrico y cambio de corteza constante, así como follaje abundante y vigoroso. No presenta raíces expuestas, cavidades, grietas o desgajes presentes en un 40% en tronco y ramas o anclaje débil.
- **Regular.** Hace referencia a individuo que puede tener más de una de las condiciones mencionadas en el párrafo anterior, además, se caracterizan por tener una condición media de vigor, presenta crecimiento dimétrico y cambios de corteza en ciertas partes del árbol, daños menores de insectos o enfermedades o por problemas fisiológicos reflejados en la calidad del follaje irregularmente distribuido, entre otros. Pueden mostrar daños mecánicos menores, plagas o enfermedades, pero la muerte no es inminente.
- **Malo.** El individuo presenta anclaje débil, inclinación mayor del tronco a los 45° o alguna fitopatología en la madera (de más del 51% en tronco, ramas y raíces), o que se encuentre moribundo, muestra características de bajo crecimiento dimétrico, follaje escaso, y/o bajo cambio de corteza por acumulación de líquenes y epifitas. También se consideran a todos aquellos individuos que representen un riesgo inmediato a los usuarios y/o sea necesario su erradicación.

En relación con los datos recopilados, se realizó el respectivo filtro y agrupación de información relacionada con la clasificación de vigorosidad de los árboles censados. De esto se puede evidenciar en la Tabla 16 que 10 individuos se reportaron en condición Mala (0,2%) y 395 individuos en condición Regular (8,8%). Establecer medidas de manejo a partir de esta sola característica es complejo y no recomendado, debido a la respuesta multifactorial que interactúan con el individuo. Por lo tanto, lo recomendado es evaluar cada caso con la información complementaria de emplazamiento, condición de estrés, presencia de enfermedades, presencia de plagas, daños asociados y etapa de desarrollo para generar un diagnóstico y ruta de trabajo para cada individuo.

Tabla 16. Cantidad de individuos según la vigorosidad.

Vigorosidad	Número de individuos	Porcentaje de Individuos
Bueno	4.069	90,9%
Regular	395	8,8%
Malo	10	0,2%
Total general	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se relacionan las 10 especies arbóreas que aportan de manera significativa mayor cantidad de individuos dentro del nivel Malo de vigorosidad.

Tabla 17. Primeras 10 especies arbóreas con vigorosidad mala.

Vigorosidad	Nombre de especie arbórea	Individuos
Malo	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	4
	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	2
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	1
	<i>Persea americana</i> Mill.	1
	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	1
	<i>Mangifera indica</i> L.	1

Fuente: Elaboración propia.

6.7 ESTADO ENTOMOLÓGICO PRESUNTIVO

Los insectos son elementos clave y forma parte fundamental de la composición asociada a la fauna circundante y propia de diferentes ecosistemas (Boa, 2008). Dentro de estos, podemos mencionar insectos de importancia como es el caso de los polinizadores de donde destacan las abejas como eje principal, así como otros himenópteros y dípteros alados. Insectos controladores naturales conocidos vulgarmente como avispa, mariquitas y mantis, prestan servicios ambientales de suma importancia al alimentarse de diferentes especies de insectos considerados como plagas (Zumbado et al., 2018).

Los insectos que se alimentan de diferentes especies vegetales de ámbito comercial como sistemas agrícolas productivos, no son ajenos a colonizar y aprovechar diferentes especies arbóreas, teniendo grupos taxonómicos y especies insectiles capaces de explotar los diferentes recursos provistos por los árboles urbanos, con el fin de aumentar las poblaciones y el área de acción convirtiéndolos en insectos plaga (Cibrián, 2013). Por lo tanto, se convierte en un componente clave del manejo integrado de plagas la identificación de los insectos que potencialmente puedan ocasionar problemas y puedan generar algún impacto negativo asociado al correcto desarrollo de los individuos arbóreos (García, et al. 2010). Sin tener en cuenta que las condiciones abióticas inadecuadas como la falta de área necesaria para el desarrollo potencial, la falta o inadecuado mantenimiento, deficiencia nutricional ya sea por el mismo confinamiento del suelo, el vandalismo, usos inadecuados y la contaminación ambiental, entre otros, disminuyen la capacidad fotosintética de los individuos arbóreos alterando fisiológicamente la capacidad de respuesta contra enemigos naturales (Herrera, 2021).

La presencia de insectos de los órdenes Coleóptera e Himenóptera en el arbolado urbano son relevantes debido a los daños que ocasionan los insectos de estos grupos taxonómicos, al crear lesiones en los individuos arbóreos que se convierten en la puerta de entrada de microorganismos oportunistas que pueden establecerse y afectar el correcto desarrollo vegetativo (Agrios, 2005). En los casos de los Himenóptera, ocasionan la pérdida de biomasa vegetal que se representa en las hojas y que conlleva al detrimento en la capacidad fotosintética del individuo. Mientras que el orden Coleóptera, potencialmente puede afectar las estructuras leñosas con desarrollo avanzado, ocasionando un daño directo al afectar las estructuras internas con la perforación de galerías que potencialmente comprometen la estructura e integridad de ramas desarrolladas, que pueden caer y afectar el entorno circundante al árbol (Cibrián, 2013).

Identificar los diferentes problemas que ameritan la implementación de las medidas de control de insectos con impacto negativo y considerados como plagas, es clave en la toma de decisiones, es por

ello que el monitoreo constante es fundamental para establecer y aplicar las diferentes alternativas disponibles dentro del manejo integrado de plagas, para tener control oportuno de las poblaciones de insectos plaga en el arbolado urbano.

Insectos plaga

El término plaga hace referencia a la Presencia o Ausencia de insectos que, debido a sus hábitos alimentarios, afectan de manera directa e indirecta alguna estructura del individuo arbóreo de manera notoria al momento de la evaluación visual en campo. De igual manera, se consideró como Presencia, las plagas primarias que corresponden a aquellas especies insectiles que atacan la madera sin daño previo (las que directamente afectan la salud del árbol), a lo contrario de las plagas secundarias que no atacan la madera o cualquier tejido arbóreo íntegro, afectando árboles que usualmente ya han sido debilitados por un factor predisponente (Boa, 2008). Por tanto:

- **Ausencia:** no se visualiza ningún insecto o daño asociado en las diferentes estructuras del individuo arbóreo.
- **Presencia:** se visualiza al menos un insecto o daño asociado sobre alguna de las diferentes estructuras de la planta.

De acuerdo con la información obtenida, de 4.548 individuos arbóreos registrados, 4.474 individuos se encontraron vivos y contaron con información asociada al componente entomológico, donde se centra el siguiente análisis. Con la evaluación visual presuntiva, el porcentaje de árboles que no evidenciaron presencia de insectos fue del 96,7%, equivalente a 4.326 individuos. Por el contrario, se evidencio que 148 individuos tuvieron presencia de insectos plaga sobre al menos una estructura vegetal como hojas, ramas, estructuras florales, fuste o raíces, lo que representa el 3,3% de los individuos arbóreos afectados, como se presenta en la Figura 27.

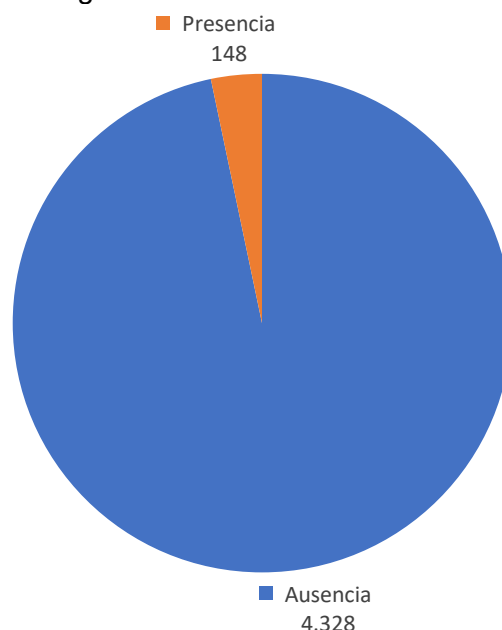


Figura 27. Ausencia y presencia de insectos en individuos arbóreos.

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de población de insectos plaga relaciona el número de individuos insectiles que se encontraron presentes colonizando las diferentes estructuras del individuo arbóreo, tales como: flores, follaje, fruto, tallo o raíces. Bajo la escala de conteo de individuos se definieron 4 rangos, encontrando que 98 individuos presentaron entre 11 – 50 insectos, principalmente por insectos del orden Himenóptera, equivalente al 66,2% del total de registros que presentaron insectos plaga asociados, 35 individuos mayores a 100 insectos (23,6%), 14 individuos presentaron al menos 10 insectos (9,5%) y 1 individuo entre 51 – 100 insectos plaga, que representa el 0,7% (Figura 28).

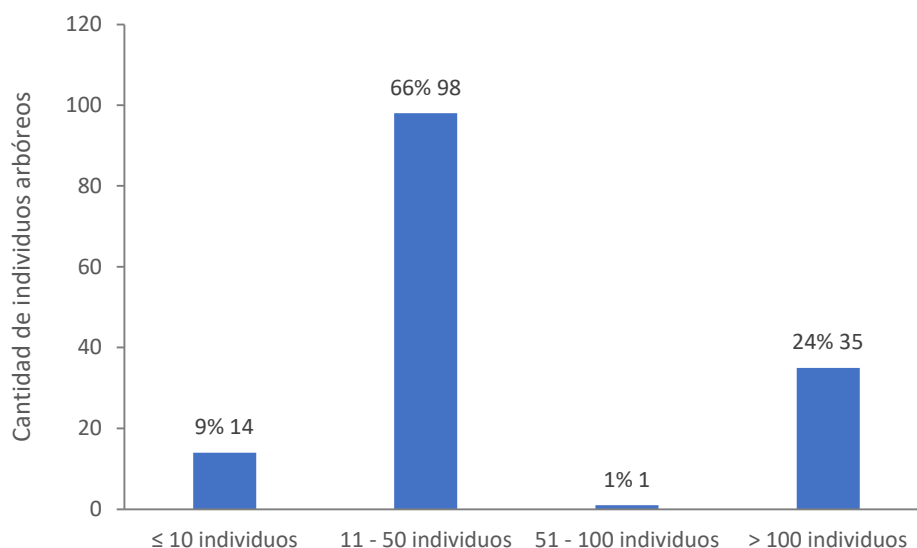


Figura 28. Nivel de población de insectos plaga por cantidad de individuos presentes.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la evaluación del porcentaje de infestación relaciona el rango de dispersión de la población del insecto sobre el individuo arbóreo, fraccionando la totalidad del individuo arbóreo en cinco partes iguales y calculando el nivel de dispersión en porcentaje (%):

- **≤ 20:** Menor o igual al 20% del área total del individuo.
- **21 – 40:** Entre 21% y el 40% del área total del individuo.
- **41 – 60:** Entre 41% y el 60% del área total del individuo.
- **61 – 80:** Entre 61% y el 80% del área total del individuo.
- **> 80:** Mayor a 80% del área total del individuo.

Encontrando que el 86,5% de los individuos con presencia de plagas se concentra en 128 individuos con afectación entre 21 – 40% . Esto indica que las plagas identificadas tienden a generar focos de concentración y el presentar la mayor cantidad de individuos con cantidades entre 11 – 50 insectos por individuo, aumentar las poblaciones de insectos podría llegar a ser notoriamente perjudicial para las especies afectadas. Los demás porcentajes de infestación se presentan entre 41% - 60% con 12 individuos equivalente al 8,1, menor o igual al 20% con 6 registros, equivalente al 4,1% y entre 60% - 80% con 2 individuos infestado, equivalente al 1,4%.

Estructuras afectadas

Se consideraron las diferentes estructuras vegetativas y reproductivas asociadas a la arquitectura de cada individuo arbóreo, tales como: flores, follaje, fruto, tallo y raíces. En este sentido, se consideró todas las ramas y estructuras lignificadas como parte del tallo, mientras que ramificaciones del tercio superior, tejidos sin lignificar, peciolo y limbos como parte del follaje. Identificar las estructuras con mayor nivel de infestación se establecen como estrategia para implementar medidas de control y preventivas.

En la Figura 29 se aprecia que el 66,9% de los insectos (99 registros) afectan el tallo, principalmente en niveles de infestación entre 21% y 40% y 41% y 60%. En segunda medida, se presenta el 31,8% de insectos en el follaje (47 registros), en mayor medida con nivel de infestación entre 21% y 40%.

El nivel de infestación es reflejo de varios factores que dependen en gran medida del tipo de plaga, niveles de infestación >100 individuos en insectos como el chinche negro (*Antiteuchus tripterus*, orden Hemiptera) o la hormiga arriera (*Atta cephalotes*, orden: Himenóptera), representan un bajo potencial de riesgo estructural de volcamiento, caída de ramas o sufrir desgarres por desbalances de la copa en los individuos arbóreos. Mientras que, identificar perforaciones en el tallo en niveles en rangos inferiores de infestación sumado a otras síntomas del individuo pueden generar mayores alertas de intervención. De tal modo que cada caso debe ser analizado de manera individual.

Por otro lado, el bajo o inexistente reporte de individuos en otras estructuras del individuo como frutos, flores o incluso raíces, están influenciados por la metodología de evaluación, siendo más notorio identificar el nivel de infestación y presencia de individuos insectiles en individuos de porte medio y bajo o el tercio inferior de individuos de porte alto.

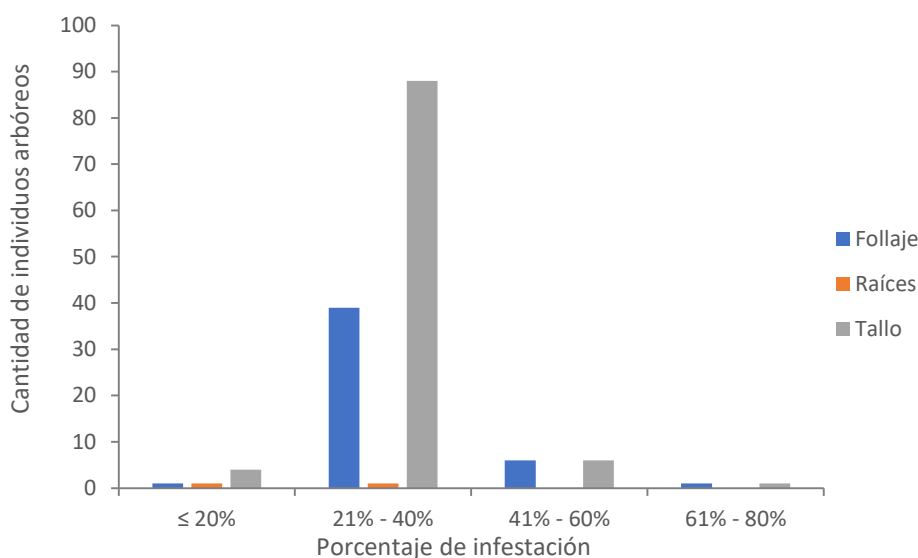


Figura 29. Estructuras vegetales afectadas.

Fuente: Elaboración propia.

Daños asociados

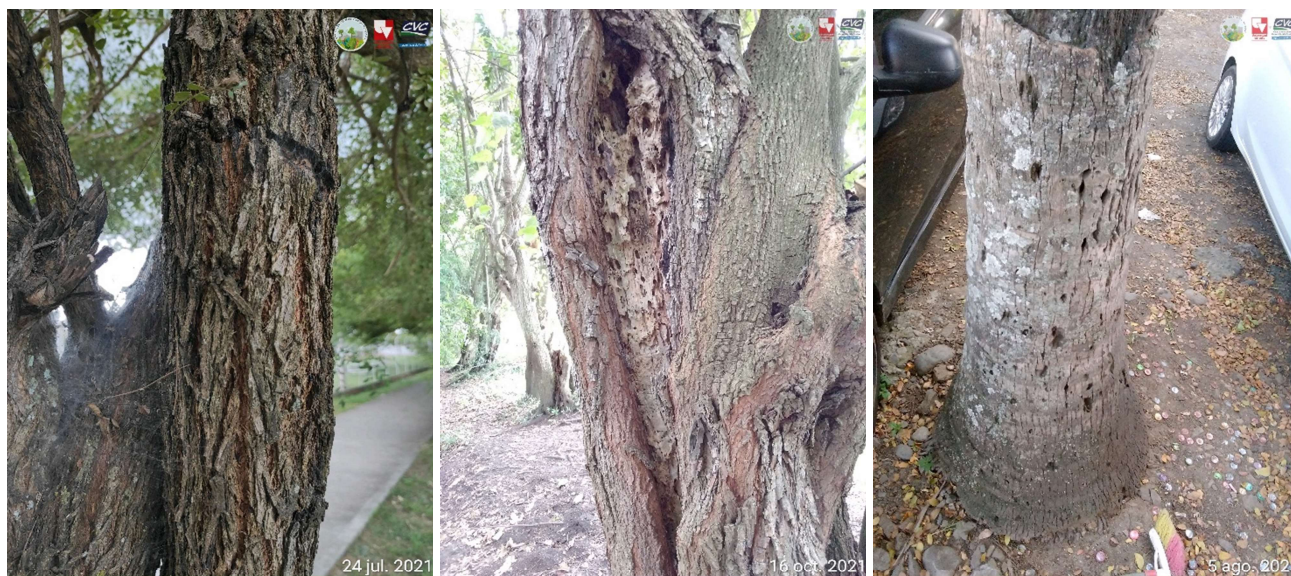
Para evaluar los daños asociados al proceso de alimentación de los insectos, se relacionan diferentes tipos de daño que se pueden visualizar y catalogar. Los insectos ocasionan daños directos e indirectos que conllevan al desarrollo parcial del individuo arbóreo, e inclusive se presenta la probabilidad de entrada de organismos oportunistas patogénicos que potencialmente pueden enfermar al individuo arbóreo. Entre los daños más representativos, se tuvieron en consideración: defoliación, clorosis, perforaciones, minadores, pegadores, entorchamiento y una categoría otro.

De acuerdo con los registros de la Tabla 18, las perforaciones en estructuras leñosas de los árboles es el tipo de daño más recurrente con 98 individuos afectados, representando el 66,2% del total de individuos con algún tipo de daño visual evidente. Dichas perforaciones se presentan en el tallo (Fotografía 4). En segunda cantidad de registros se identifica la categoría Defoliación (27,0%), Clorosis (2,7%) y el porcentaje restante entre Otro, Minas en hojas y Entorchamientos.

Tabla 18. Número de individuos según el tipo de daños asociados.

Daño asociado	Número de individuos	Porcentaje de Individuos
Perforaciones	98	66,2%
Defoliación	40	27,0%
Clorosis	4	2,7%
Otro	2	1,4%
Minas en hojas	2	1,4%
Entorchamientos	2	1,4%
Total general	148	100,0%

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 4. Daños identificados en campo por perforaciones en tallo.

Fuente: Elaboración propia.

Bajo la mirada del grupo taxonómico, predomina el orden Coleóptera en un 66,2%. Los insectos de este orden son conocidos vulgarmente como cucarrones o escarabajos, se presenta como un problema potencial de la estructura y sanidad general del árbol. Poblaciones de escarabajos pueden penetrar el tronco y estructuras leñosas en general del árbol, ocasionando daños directos como pérdida de la corteza de la planta lo cual implica desproveer la planta de la protección externa que brinda la corteza, también afectar la estructura e integridad de la planta; en ramas adultas la presencia de galerías realizadas por el insecto, pueden debilitar la rama, la cual queda propensa a caer a causa de su propio peso; también las lluvias aumentan la probabilidad de caída de las ramas afectadas debido al incremento de peso que propicia la lluvia sobre dichas estructuras. Otro aspecto para considerar son las lesiones ocasionadas por el insecto, al crear las galerías, que potencialmente pueden convertirse en la puerta de entrada de organismos patogénicos oportunistas que podrían colonizar y ocasionar problemas patogénicos que afectarían el correcto desarrollo de la planta (Agris, 2005).

Por otro lado, el orden Himenóptera (15,5%). Dentro de este grupo taxonómico la hormiga arriera, tal como el caso de la especie *Atta cephalotes*, se presenta frecuentemente ocasionando daños importantes a las diferentes especies vegetales de las que se alimenta; la hormiga realiza cortes a las hojas, como resultado pierden área fotosintética que puede conllevar a la muerte de la planta si el ataque es excesivo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el problema principal radica en el número de individuos que efectúa el proceso de alimentación sobre un individuo vegetal.

El tercer grupo taxonómico de importancia para el municipio, se encuentra el orden Lepidóptera (12,2%) pueden ocasionar inconvenientes a representado por sus estados inmaduros quienes potencialmente pueden generar daños a la planta en su proceso de alimentación de estructuras vegetales principalmente de hojas, disminuyendo así su área fotosintética.

Los órdenes de insectos como Hemíptera representado por insectos frecuentes como el chinche negro *Antiteuchus tripterus*, chinche patón *Leptoglossus* sp., chinche gigante *Pachylis* sp., cochinas tales como *Crypticeria* sp., *Pseudococcus* sp., y la falsa palomilla *Poekilloptera phalaenoides*, se encontró en 4 individuos arbóreos (2,7%). Este grupo de insectos se caracteriza por presentar un aparato bucal tipo chupador, el cual utilizan para romper el tejido preferiblemente tierno, con el fin absorber a través de su aparato bucal, el contenido celular del tejido atacado. Son insecto que potencialmente pueden ser vectores de patógenos, por lo que deben ser tenidos en cuenta inclusive en bajas poblaciones presentes en el árbol. Por su parte, el orden Ortóptera relacionado con saltamontes o grillos, fueron poco evidentes dentro del censo arbóreo (1,4%), al igual que el Diptera.

Teniendo en cuenta los grupos taxonómicos de importancia en el censo arbóreo, en la Tabla 19 las especies con mayor cantidad individuos identificados según el tipo de daño asociado y el porcentaje que representa del total de individuos con insectos plaga.

Tabla 19. Distribución de tipos de daños según el tipo de especie.

Tipo de daño asociado	Cantidad de individuos	Porcentaje
Perforaciones	98	66,2%
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	65	43,9%
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	9	6,1%
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	7	4,7%
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	4	2,7%
<i>Crescentia cujete</i> L.	3	2,0%
Otros	10	6,8%
Defoliación	40	27,0%
<i>Crescentia cujete</i> L.	10	6,8%
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	8	5,4%
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	4	2,7%
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	4	2,7%
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	3	2,0%
Otros	11	7,4%
Clorosis	4	2,7%
<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Thwaites	1	0,7%
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	1	0,7%
<i>Citrus × sinensis</i> (L.) Osbeck	1	0,7%
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	1	0,7%
Otros	29	3,6%
Otro	2	1,4%
Minas en hojas	2	1,4%
Entorchamientos	2	1,4%
Total general	148	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

A modo general, si bien, todos los individuos requieren atención para mantener las poblaciones de insectos plaga en equilibrio, se recomienda realizar evaluaciones confirmativas de validación y priorizar la intervención en los individuos con tipos de daños por perforación localizados en el tallo y con niveles de afectación de mayor a menor, debido al riesgo que representa en el entorno urbano. En segunda medida el control de defoliación, incentivado por la hormiga arriera, seguido de afectaciones al follaje por la presencia de hemípteros.

Moluscos plaga

La presencia de moluscos plaga (Figura 30) se registró como positiva ante la presencia de al menos 1 o más caracoles africanos en alguna estructura del individuo arbóreo. Para este caso se identificaron 145 individuos arbóreos con esta característica, representando el 3,2% del total de registros para la cabecera municipal.

El caracol africano representa un riesgo adicional a la salud pública, es así que es recomendable ahondar en la realización de evaluaciones al arbolado objeto del estudio, con el fin de identificar poblaciones puntuales del molusco y tomar las medidas necesarias para mitigar el establecimiento y diseminación del caracol.

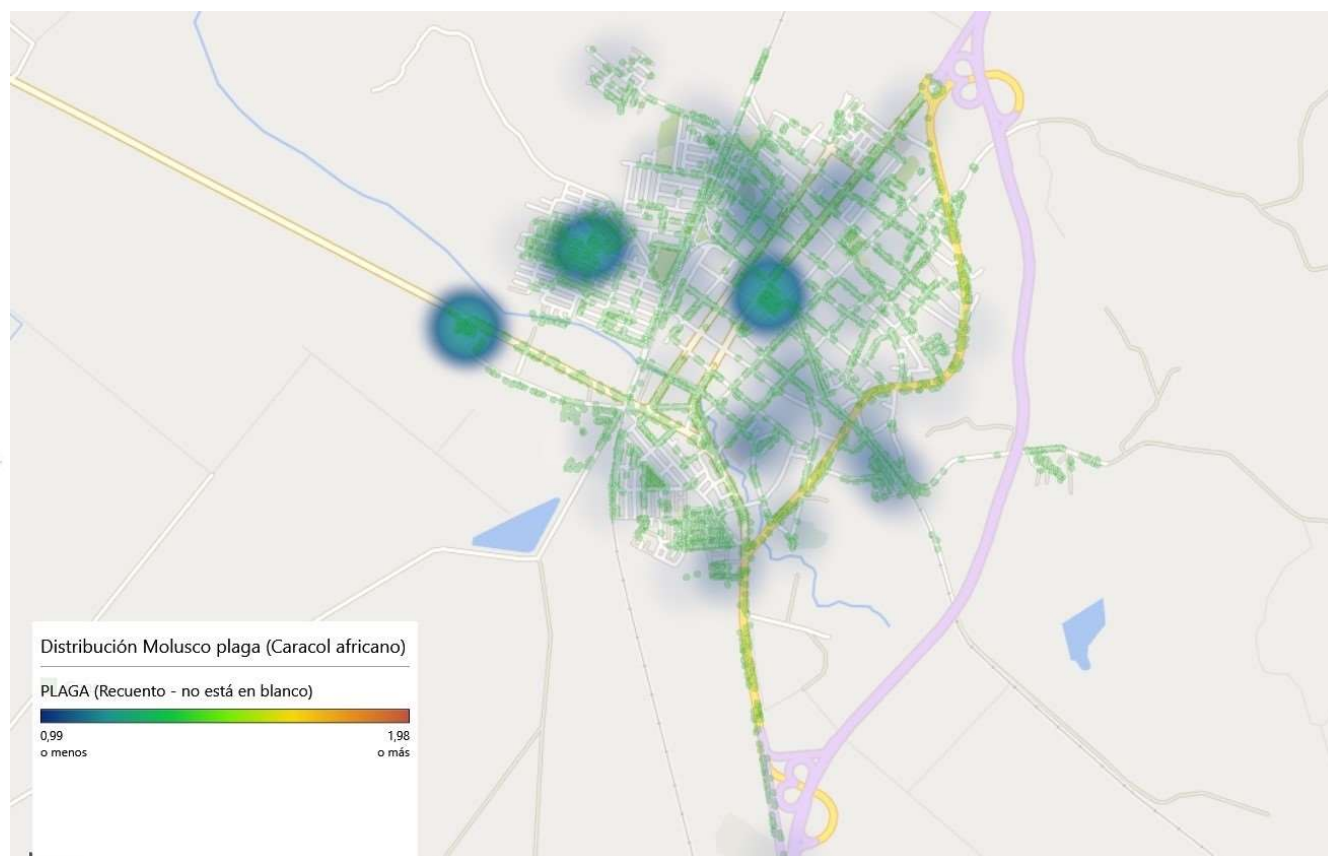


Figura 30. Zonas identificadas con presencia de molusco plaga (Caracol africano).
Fuente: Elaboración propia.

6.8 CONDICIÓN GENERAL

Revisión física

La cobertura arbórea evaluada en su 38,2% no presentó ninguna afectación respecto a esta revisión. Sin embargo, el 61,7%, equivalente a 2.762 individuos arbóreos presentan mal procedimiento de intervención silvicultural ocasionando Daños mecánicos, Anillamiento o Poda mal hecha, situación de alerta, ya que dichas intervenciones mal ejecutadas abren paso a posibles afectaciones por patógenos, (hongos, bacterias) que pueden afectar la estructura del árbol.

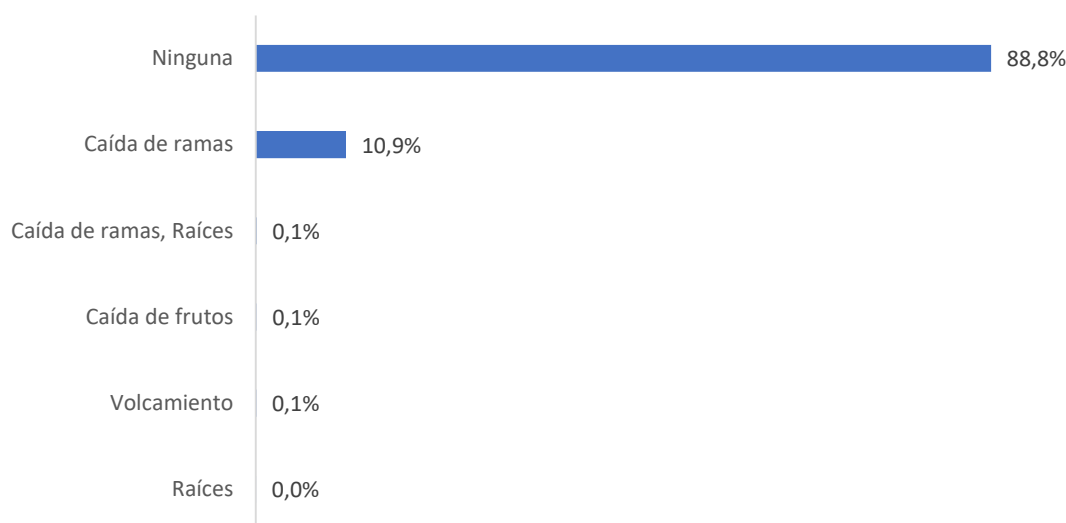
Tabla 20. Tipo de afectación encontrada en la cobertura arbórea.

Revisión física	Número de individuos	Porcentaje de individuos
Daños mecánicos	2.353	52,6%
Ninguna	1.707	38,2%
Anillamiento	347	7,8%
Poda mal hecha	62	1,4%
Sobrecarga de epifitas	4	0,1%
Presencia de parásita	1	0,0%
Total general	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Amenazas

Dentro de las amenazas evaluadas, la caída potencial de ramas representó el 10,9%, correspondiente a 490 árboles censados, y el 0,3% restante entre amenazas por raíces, volcamiento, caída de frutos combinación entre caída de ramas y raíces, correspondiente a 13 individuos forestales. Sin embargo, el 88,8%, es decir 4.045 individuos forestales, no presentan ninguna riesgo.

**Figura 31. Tipos de amenazas identificadas.**

Fuente: Elaboración propia.

- **Amenaza por volcamiento y caída de ramas.**

La amenaza potencial por volcamiento y por caída de ramas ponen en riesgo a peatones y la combinación entre peatones y vehicular (100,0%). Esta situación tiene relación con el emplazamiento, estado fitosanitario y el adecuado mantenimiento a cada individuo a lo largo de la etapa fenológica.



Figura 32. Amenaza potencial por volcamiento.

Fuente: Elaboración propia.

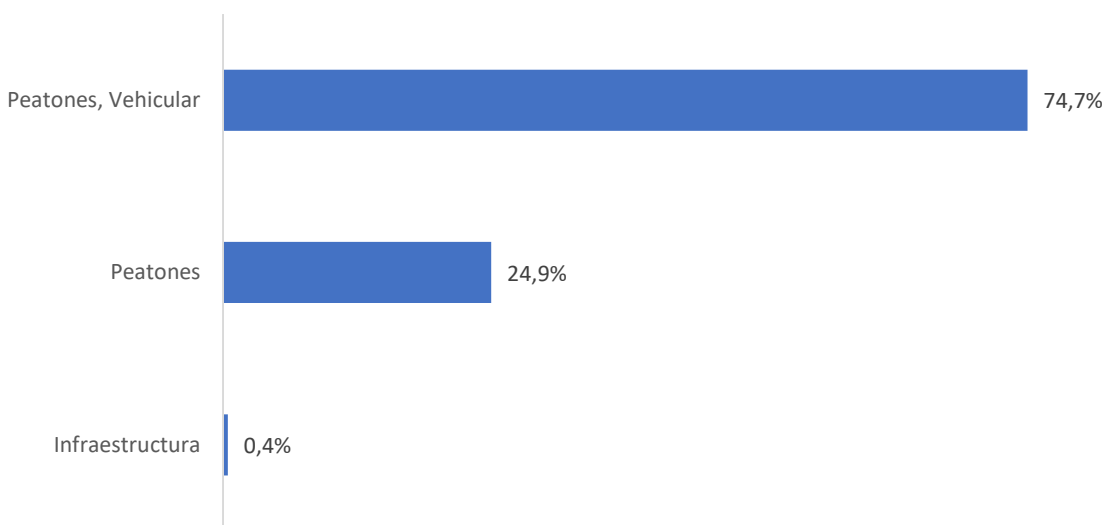


Figura 33. Amenaza potencial por caída de ramas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Amenaza por caída de frutos y afectación por raíces**

La amenaza potencial por caída de frutos, se presentan en individuos como la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en emplazamientos que ponen en riesgo a los peatones (transeúntes), infraestructura

(techos) y vehículos (Figura 34). Mientras que la amenaza por afectación de raíces se concentra en riesgo para la infraestructura (100,0%) con daño en levantamiento de andes o afectación a viviendas.

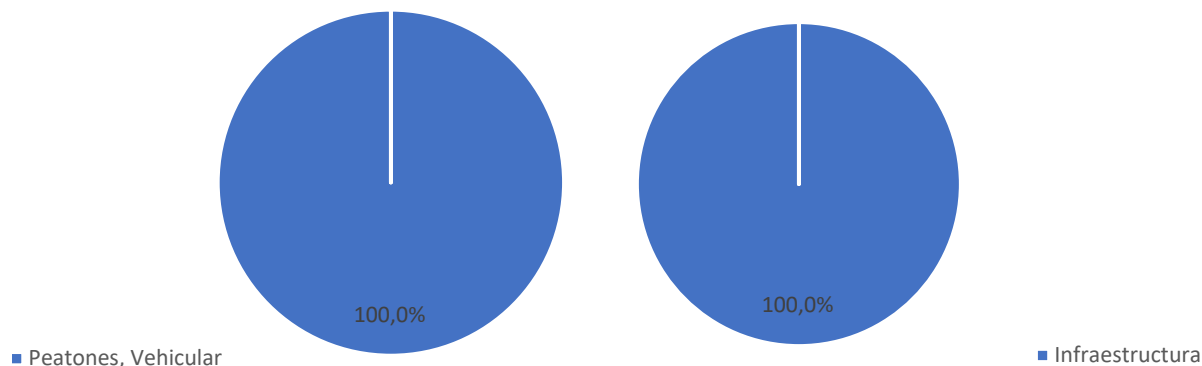


Figura 34. Afectación por caída de frutos (izquierda) y por raíces (derecha).
Fuente: Elaboración propia.

Contacto redes aéreas

Los individuos en contacto con redes aéreas en general se consideraron como individuos energizados. Bajo esta condición se identificaron 2.322 individuos (51,9%). Dicha cifra representa individuos que requieren poda de control, según el tipo de poda definido para los individuos del censo en esta condición.

Tabla 21. Árboles en contacto con redes aéreas.

Energizado	Número de individuos	Porcentaje de individuos (%)
Si	2.322	51,9%
No	2.152	48,1%
Total general	4.474	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Vale la pena establecer una estrategia para el manejo de palmas en contacto con redes aéreas, dado que se identifican 145 individuos (6,1% de los individuos en contacto con redes) bajo esta condición, cuya intervención severa en el ápice conllevaría a una muerte del individuo en pie.

Árboles Hito (Emblemáticos)

Se considera árbol hito (emblemático) a todo individuo que ha adquirido un reconocimiento de la comunidad por su porte, tamaño, volumen, longevidad, valores escénicos, importancia botánica o

representan puntos de referencia e identidad para la ciudad, los cuales han sido integrados al paisaje urbano a través de la historia y revisten importancia desde el punto de vista ambiental, paisajístico, urbanístico, estético o afectivo, tomando como referencia el Acuerdo 0353 del Concejo de Santiago de Cali (2013).

En la cabecera del municipio de Zarzal se identifican 113 árboles emblemáticos, equivalente al 2,5% del total de individuos vivos censados, con presencia en las vías principales del municipio (Figura 35). Siendo el Samán (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) la especie con mayor cantidad de individuos, representando el 90,3%, seguido de la Ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) con el 4,4%. Se resalta la existencia del Guayacán carrapo, Piñón de oreja, Chiminango y Guácimo, aunque a nivel nacional solo se tiene catalogado como Estrategia Nacional de Conservación de Plantas (ENCP) Piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y Ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.)

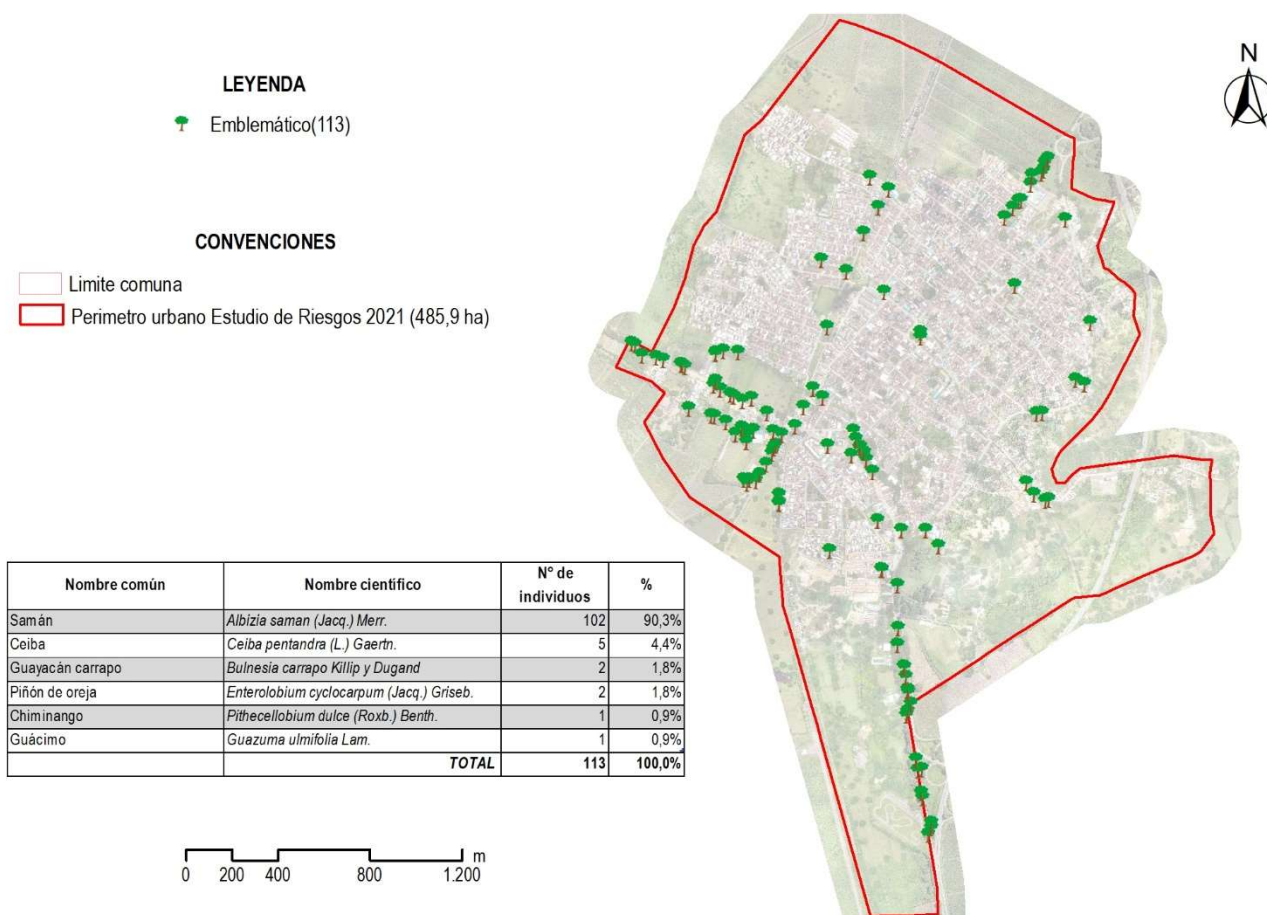


Figura 35. Distribución espacial de individuos emblemáticos.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 5. Presentación de algunos individuos considerados emblemáticos.
Fuente: Elaboración propia.

7. LINEAMIENTOS DE MANEJO SILVICULTURAL

El manejo silvicultural del arbolado urbano se constituye en una actividad de muy alto valor porque permite potenciar los servicios ecosistémicos que los árboles ofrecen. La silvicultura urbana se refiere a las actividades técnicas relacionadas con el manejo de los árboles urbanos (fertilización, poda, riego), que tienen como objetivo garantizar su desarrollo adecuado y optimizar sus múltiples beneficios. Podas mal realizadas, uso de herramientas inadecuadas, malas prácticas de abonamiento o control de plagas pueden llevar al deterioro y la pérdida del importante patrimonio natural que es el arbolado urbano. Por tal razón, el manejo silvicultural debe ser desarrollado por personal especializado con la cualificación suficiente, que utilice las herramientas y técnicas adecuadas y se constituya en un referente de la cultura de protección de los árboles en los centros urbanos.

Los lineamientos de poda de árboles de la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA, por sus siglas en inglés) establecen que si el árbol correcto es plantado en el lugar correcto y se le da buen mantenimiento, ese árbol requerirá pocas podas cuando sea adulto. En realidad, atrás del árbol correcto existen varias podas en el vivero, sobre todo en los árboles de sombra.

Intervención silvicultural

El tipo de intervención silvicultural definido para cada individuo arbóreo e incluido en los documentos anexos a este informe técnico denominados "*Censo arbóreo (formatos Excel y Shapefile)*" es solamente orientativo y corresponde a una evaluación profesional realizada bajo las condiciones particulares de cada individuo en un tiempo determinado. En tal sentido, la decisión final sobre el tipo de intervención silvicultural a realizar por cada individuo arbóreo dependerá de la evaluación técnica, social y ecológica que se haga por parte de las entidades responsables del manejo del arbolado al momento de inspeccionar cada individuo.

De acuerdo con la evaluación ocular generada para cada individuo arbóreo en campo, se encontró que de los 4.429 individuos vivos evaluados en espacio público 1.779 individuos arbóreos no requieren algún tipo de intervención silvicultura, por presentar buenas condiciones en general. De los diferentes tipos de intervención posibles para cada individuo, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan algunas recomendaciones de intervención destacadas, manteniendo presente que las recomendaciones específicas por cada individuos pueden ser consultadas de manera específica en la base consolidada del censo.

Tabla 22. Intervenciones recomendadas por número de individuos.

Intervención	Número de individuos
Individuos que requieren al menos 1 tipo de poda	4.035
Poda de control	2.670
Fertilización y/u otro tipo de intervención	183
Control fitosanitario y/u otro tipo de intervención	712
Erradicación	70
Tala	4
Traslado	0

Fuente: Elaboración propia.

Medidas preventivas

Las acciones preventivas desde el manejo silvicultural se centran en promover el desarrollo de copas y rodales vigorosos y con buena sanidad, lo cual se traduce en una reducción de la aparición de plagas y enfermedades. Los tratamientos de poda, en los períodos e intensidades adecuadas, deben estar enfocados en evitar el estrés, como una condición propicia para el apareamiento de los agentes patógenos.

Los aspectos técnicos, considerados como herramientas de corte adecuado y que guarden estrecha relación con las acciones de prevención y control, en la medida de que los rodales se vean libres para la presencia de plagas y enfermedades. Entre las actividades de control, se deben promover las mecánicas, sin descartar las químicas como última opción, según la magnitud del problema detectado. En la prevención de plagas y enfermedades, la correcta aplicación de los diferentes tratamientos silviculturales es de suma importancia. Esto es, que deberá implementarse los mantenimientos como la composición y de la estructura original, la realización de labores idóneas y recomendadas por las buenas prácticas en silvicultura urbana que tendrá un efecto preventivo.

- **Control fitosanitario.** En la presencia de una plaga o enfermedad, se debe establecer un plan de manejo que tiene como fin disminuir los efectos negativos del agente patógeno en la unidad de manejo arbóreo individual o poblacional. El plan de acción fitosanitario deberá contener como mínimo: 1) identificación de principales riesgos potenciales o actuales, 2) plan de monitoreo intenso y un registro de información permanente, 3) capacitación profesional dirigido al personal de campo, sobre medidas preventivas, medidas de control y seguimiento al plan de manejo. En caso de aplicar medidas de control, privilegiar el uso de métodos de control biológicos y mecánicos. El control químico se utiliza cuando ninguno de los anteriores puede ser aplicado. Si fuera necesario aplicar plaguicidas, estos deberán ser amigables con el ambiente y se deberá utilizar el equipo e indumentaria de protección especial para su aplicación. En caso de aplicaciones en sitios poblados, se deberá notificar la comunidad el día y la hora de las aplicaciones, para no causar intoxicaciones a los ciudadanos. El control deberá efectuarse de manera inmediata.
- **Erradicación.** Consiste en la eliminación del tocón, incluyendo parte del tronco o fuste de un árbol que queda unido a las raíces después de ser talado. Esta actividad se promueve con la

finalidad de recuperar el espacio al interior del perímetro urbano para ser aprovechado por un nuevo individuo. Si se tiene conocimiento de la especie erradicada, se recomienda sembrar una especie diferente para disminuir el riesgo de pérdida por susceptibilidad a plagas o enfermedades.

La técnica de extracción de restos vegetales en la mayoría de los casos se requiere la implementación de maquinaria, por lo cual previo a la siembra se recomienda rellenar el agujero incorporando suelo enriquecido con materia orgánica compostada.

- **Fertilización.** En cuanto al componente nutricional, no existen guías que permitan cuantificar y caracterizar las necesidades nutricionales específicas de los árboles en diferentes estados de desarrollo, ni tampoco protocolos para la fertilización durante la fase de vivero. Son pocos los estudios con especies que se plantan en programas de silvicultura urbana. Por lo tanto, la incorporación de compost contribuye a la disponibilidad de nutrientes y al aumento de la diversidad microbiana benéfica en el suelo. Sumado a ello, la elaboración de planes de fertilización para cada especie arbórea basado en análisis de suelos y análisis foliares para hacer aplicaciones de medidas correctivas contribuye a la prevención de patologías y fortalecimiento arbóreo. Alternativas como fertilizantes de liberación lenta, ayudan a reducir la pérdida de nutrientes por lixiviación y aprovechamiento de absorción de nutrientes.
- **PA - Poda de aclareo.** Este tipo de poda consiste en eliminar las ramas laterales a partir del punto de unión con el tallo principal. También se le conoce como raleo de copa y el propósito es aumentar el flujo de aire entre las ramas, sin perder la configuración o estructura formal del árbol. El paso del aire y la luz solar a las ramas interiores favorece el rebrote de hojas necesarias para la fotosíntesis y vigorización del árbol. También ayuda a filtrar más luz para otras especies del estrato inferior en los jardines. La diferencia con la práctica de poda de rebaje es que el aclareo de copa no necesariamente elimina las ramas líderes o mayores, sino las más próximas y en mala posición; ramas muy pesadas, entrelazadas, sobrepuestas, causando una saturación con ramas muy tupidas. El aclareo de la copa se hace todo el tiempo desde que el árbol es joven. Se podan las ramas más obvias y fáciles para ir dejando espacio a las más peligrosas, sin perder de vista las ramas estructurales permanentes que quedarán en el árbol. Lo mejor es no podar más del 30% de las ramas en cada evento, cuidando que las ramas queden bien espaciadas y libres para que fluya el viento y se vigoricen con el movimiento. Por lo menos la mitad del follaje debe estar en las ramas que se levantan en los 2/3 de la parte baja del árbol. Cuando se están entresacando laterales en una rama mayor se debe hacer un esfuerzo para retener bien espaciadas las ramas laterales internas con follaje. De esta forma, las ramas podadas van a tener una presión mecánica más distribuida a lo largo y a través del árbol.
- **PC - Poda de control.** Este tipo de poda se practica en individuos que presentan contacto con redes aéreas. Cuando se presenta individuos en contacto con cables de alta tensión, debe realizarse por un arborista profesional que cuente con la experiencia y el equipo apropiado. En algunos casos, la poda debe realizarse de manera preventiva para evitar que las ramas alcancen los cables energizados, con la finalidad de evitar descargas a tierra o provocar incendios de copa. En general, la técnica se enfoca a podar las ramas clave desde su punto de unión, dejando una cavidad en "V" libre de follaje de esta manera se dirige el crecimiento hacia los lados, librando el paso de los conductores. A veces es necesario cortar las ramas laterales hasta la mitad o hasta su punto de unión con el tallo principal, prácticamente dejando media copa a lo largo del tallo.

- **PE - Poda de equilibrio.** La poda de equilibrio se aplica cuando el árbol ha perdido su forma natural por factores externos, árboles mal podados o dañados por el viento, causándoles desprendimiento parcial de las ramas. La poda se aplica con una visión de recuperar la forma perdida de la copa y a veces puede llegarse a reducir el tamaño del árbol para restaurar su apariencia normal.
- **PF – Poda de formación.** Un árbol joven debe podarse para definir el desarrollo de su tronco y la estructura foliar. Se recomienda no podar más de un tercio de su copa, aunque los árboles jóvenes de algunas especies resienten menos las podas de mayor intensidad. También se deben mantener ramas temporales y definir las ramas permanentes después de los 2 m de altura para árboles de sombra. Las ramas temporales a lo largo del tallo lo protegen de insolación y ayudan en la fotosíntesis. Es recomendable favorecer el desarrollo de un solo tallo con su yema terminal original, pero a veces éste debe podarse para equilibrar la copa. También se deben podar las ramas epicórmicas o brotes adventicios desde el vivero, así como todas las ramas con ángulo muy estrecho, siempre manteniendo una estructura básica de la copa. A medida que el árbol joven rebasa los 3 a 4 m de alto, sus demandas de poda se van reduciendo y al llegar a adulto sólo se le aplican podas correctivas.
- **PL - Poda de limpieza.** Este tipo de poda se realiza en árboles adultos con ramas en mala posición o en condiciones indeseables. Puede hacerse para prevención o combate de plagas, así como para eliminar plantas epifitas, parasitas y/o enredaderas. Se podan las ramas muertas, marchitas o moribundas, quebradas, estranguladas, cruzadas o sobrepuestas, así como los brotes y ramas con uniones débiles. Aquí se incluyen los árboles dañados por tormentas, rayos y el fuego, debiendo eliminar todas las ramas afectadas por estos percances. Además de ramas quebradas, desgarradas, muñones dejados por ramas rotas, ramas entrelazadas, ramas puenteadas, horquetas débiles y con corteza hendida, ramas infestadas, etc., con la finalidad de sanear la copa y prevenir futuros problemas. No se recomienda combatir plagas de insectos con esta poda, ya que se puede destruir la estructura del árbol, sobre todo cuando la plaga ha invadido mucho a la copa, en esos casos se debe aplicar control fitosanitario.
- **PRE - Poda de realce.** Este tipo de poda también es conocida como poda de elevación de la copa y se aplica en árboles y arbustos desde jóvenes, sobre todo en aquellas especies que tienen la tendencia a emitir brotes en el tronco, ramas inferiores o rebrotes desde el cuello radicular. Lo más común es usar poda de realce para elevar la copa del árbol joven y mantener limpio el fuste. Este tipo de poda es para árboles de sombra o de alineación en andenes, avenidas y banquetas, donde las ramas deben tener una altura de 3 a 4 m para librar el paso peatonal y del tráfico vehicular. Es importante que un árbol en desarrollo tenga por lo menos la mitad de su follaje sobre las ramas que se originan en los 2/3 de la parte baja del árbol. Similarmente, las ramas deben tener una distribución de follaje igual a lo largo de su copa. Esto va a asegurar una buena forma y estructura foliar, para distribuir uniformemente la presión dentro del árbol.
- **PRL - Poda de ramas laterales.** Este tipo de poda se aplica para mejorar la estabilidad del individuo, debido al desequilibrio en la distribución de cargas de peso transmitidas desde la copa a través del fuste principal. De esta manera evitar riesgos por volcamiento o desgarre de ramas a gran altura.
- **PRS - Poda de ramas secas.** Este tipo de poda se aplica a tejido muerto. La poda de ramas muertas es el primer paso que se da al iniciar la poda de formación, sin importar su tamaño. Es recomendable podar todas las ramas muertas (secas) o moribundas con la técnica correcta de cortes y retiro del material vegetativo, para minimizar los daños a la copa.

- **PS - Poda sanitaria.** La poda sanitaria, realizada de manera oportuna, es la práctica de manejo más sencilla y efectiva para controlar los problemas sanitarios del arbolado urbano. Consiste la poda de ramas infectadas con patógenos. Una vez que el árbol infectado o la rama son cortados, la planta parásita y/o hemiparásita muere. Una vez realizada la poda, se debe contrastar con una sustancia que no permita la entrada de otros patógenos oportunistas. Los residuos de podas sanitarias se deben recolectar y depositar en lugares apropiados para tal fin, para evitar la proliferación del patógeno. Adicionalmente, se debe realizar la remoción de los residuos de poda circundantes a la planta de manera inmediata.
- **RA - Poda de reducción de altura.** Este tipo de poda se practica generalmente en árboles para reducción del tamaño en altura o volumen de las ramas o follaje, prevenir el contacto o interferencia con cableado eléctrico, monumentos, edificaciones, instalaciones y avisos informativos o preventivos sin dañar la bioarquitectura del individuo. Este tipo de poda se practica generalmente en árboles que fueron plantados bajo cables energizados. Al igual que la poda de control, esta se recomienda ser desarrollada por especialistas que cuente con la experiencia y el equipo apropiado. Las podas para rebajar o reducir la copa son ocasionales cada tres a cinco años y los árboles deben mantener su apariencia normal. Si el árbol está muy deteriorado, se deben practicar podas sucesivas en varios años, para no destruir el sistema defensivo del árbol al podarle todo en un solo evento.
- **Tala.** La tala es el apeo o acto de cortar el individuo arbóreo por el cuello de la raíz, dejando en el sitio un tocón. Esta actividad se aplica como último recurso en individuos en condición de vitalidad mala, grado de estrés alto, enfermos, afectaciones en el fuste o amenaza, que en el contexto urbano, ponen en riesgo inminente a la ciudadanía. Debido al riesgo que representa esta labor y la variabilidad que se presenta entre especies y los entornos de riesgo, esta actividad se debe ejecutar con equipo capacitado con implementos adecuados, garantizando la seguridad del personal y la comunidad cercana.
- **Traslado o trasplante (solo juvenil).** El trasplante es la reubicación de un individuo arbóreo ya establecido en un sitio distinto al que ocupaba. Esta actividad requiere mucho cuidado debido al riesgo que representa para el individuo arbóreo. Se recomienda ejecutarse principalmente en individuos de porte bajo, juveniles o en etapas tempranas. Entre mayor sea la edad de desarrollo del individuo, mayor es el riesgo de pérdida del individuo debido a la intervención del sistema radicular y dificultad para explorar para la extracción de raíces. El desarrollo de esta labor se debe realizar con la extracción del cespedón en la misma proporción de la parte aérea del individuo, manteniendo la estructura sin que se fracture. Para ello se requiere principalmente la poda de raíces y poda aérea para disminuir el área foliar y reducción de superficie de transpiración, aplicando cicatrizante en las heridas como medida preventiva al ingreso de patógenos.

El trasplante es una actividad que según el desarrollo de cada individuo se requerirá el uso de maquinaria. Sin embargo, en todos los casos se debe garantizar un lugar adecuado para su reubicación, espacio suficiente para el desarrollo potencial del individuo, suelos fértiles (sin materiales de relleno), con incorporación de materia orgánica compostada y garantizar disponibilidad de agua. Para este último aspecto se recomienda realizar esta actividad en épocas de lluvias o tener contemplado sistemas de riego.

- **Gestión de residuos.** Debido a la intervención de los individuos, las podas generan residuos de hojas, ramas y raíces necesarios para garantizar la condición de sanidad, libre de riesgos de seguridad, mantener su forma natural, al igual que estimular o restringir su crecimiento. Por lo tanto, dichos residuos están sujetos a un manejo especial que conduzca a su aprovechamiento

a través de la implementación de un plan que incentive la generación de al menos tres de los siguientes productos: i) residuos para compostaje, ii) residuos para mulch (arroke), iii) residuos de madera para infraestructura menor y iv) residuos de madera para infraestructura mayor. Como infraestructura menor se contemplan elementos para delimitar siembras, objetos para refugio de fauna entre otros y como infraestructura mayor mobiliario urbano principalmente lo cual incluye bolardos, bancas, decks y pequeños puentes. La gestión de estos residuos se realizará a partir de máquinas que permitan obtener la materia prima básica para cada uno de los productos buscados, esta materia prima se dispondrá de manera adecuada en zonas públicas como parques y desde allí se realizará la gestión correspondiente para su uso futuro.

Por último, es importante resaltar que sobre el manejo de los árboles se puede generar toda una serie de estímulos para generar opciones de oferta de empleo para cubrir la demanda de intervenciones en talas, podas y fertilizaciones, así como la creación de emprendimientos en suministro de implementos, dotaciones e insumo que garanticen mejora en la calidad de vida de los individuos arbóreos y la ciudadanía.

Individuos muertos y tocones

Bajo el análisis, se registraron 56 tocones y 18 individuos forestales muertos, para un total de 74 individuos que representan el 1,6% de la cobertura para el municipio (Tabla 23). Cabe señalar, que dentro de los registros, durante la evaluación se encontró presencial de molusco plaga en 1 individuo y sin información de individuos en contacto con redes aéreas.

Por otro lado, de los 74 los individuos muertos, ninguno presenta riesgo de volcamiento hacia los peatones o caída de ramas hacia los peatones, pese a encontrarse ubicados en andén y parques, por lo que no representan ningún tipo de amenaza al momento de la revisión, sin embargo se debe mantener el monitoreo para su intervención oportuna durante el avance de etapas de descomposición.

Tabla 23. Porcentaje de individuos muertos y tocones.

Etapa de desarrollo	Número de individuos	Porcentaje de individuos
Tocón	56	75,7%
Muerto	18	24,3%
Total general	74	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Emplazamiento muertos y tocones

De acuerdo con la distribución de los registros evaluados, como se observa en la Tabla 24, los individuos muertos se encuentran dispersos entre los emplazamientos de andén, otros y parque o plazoleta en su mayoría, mientras que los tocones se encuentran concentrados en el emplazamiento andén y parque o plazoleta. Es de vital importancia que las empresas de aseo, como Veolia Aseo,

prioricen las intervenciones de retiro de los árboles secos con el fin de prevenir la caída y la afectación e impacto en su entorno o los transeúntes.

Tabla 24. Tipo de emplazamiento.

Etapa de desarrollo/ Emplazamiento	Número de individuos
Tocón	56
Andén	36
Parque, plaza o plazoleta	9
Vía férrea	7
Escenario deportivo	3
Borde de cauce natural	1
Muerto	18
Andén	7
Otro	4
Parque, plaza o plazoleta	3
Escenario deportivo	2
Escenario cultural	1
Vía férrea	1
Total	74

Fuente: Elaboración propia.

Especialmente el total de los individuos muertos y tocones se distribuyen a lo largo y ancho de la cabecera municipal (Figura 36), con leve concentración hacia el centro del municipio. No obstante, se debe tener en consideración que no todos los individuos muertos o tocones son candidatos para efectuar la erradicación y establecer un nuevo individuo, ello dependerá de varios factores, entre ellos el emplazamiento. Los espacios recomendados para ser aprovechados coinciden con andes, parques o plazoletas, separadores viales, glorietas, vía peatonal y zonas verdes, se excluyen áreas forestales de protección, vías férreas u otros emplazamientos donde se facilitan procesos de sucesión natural.

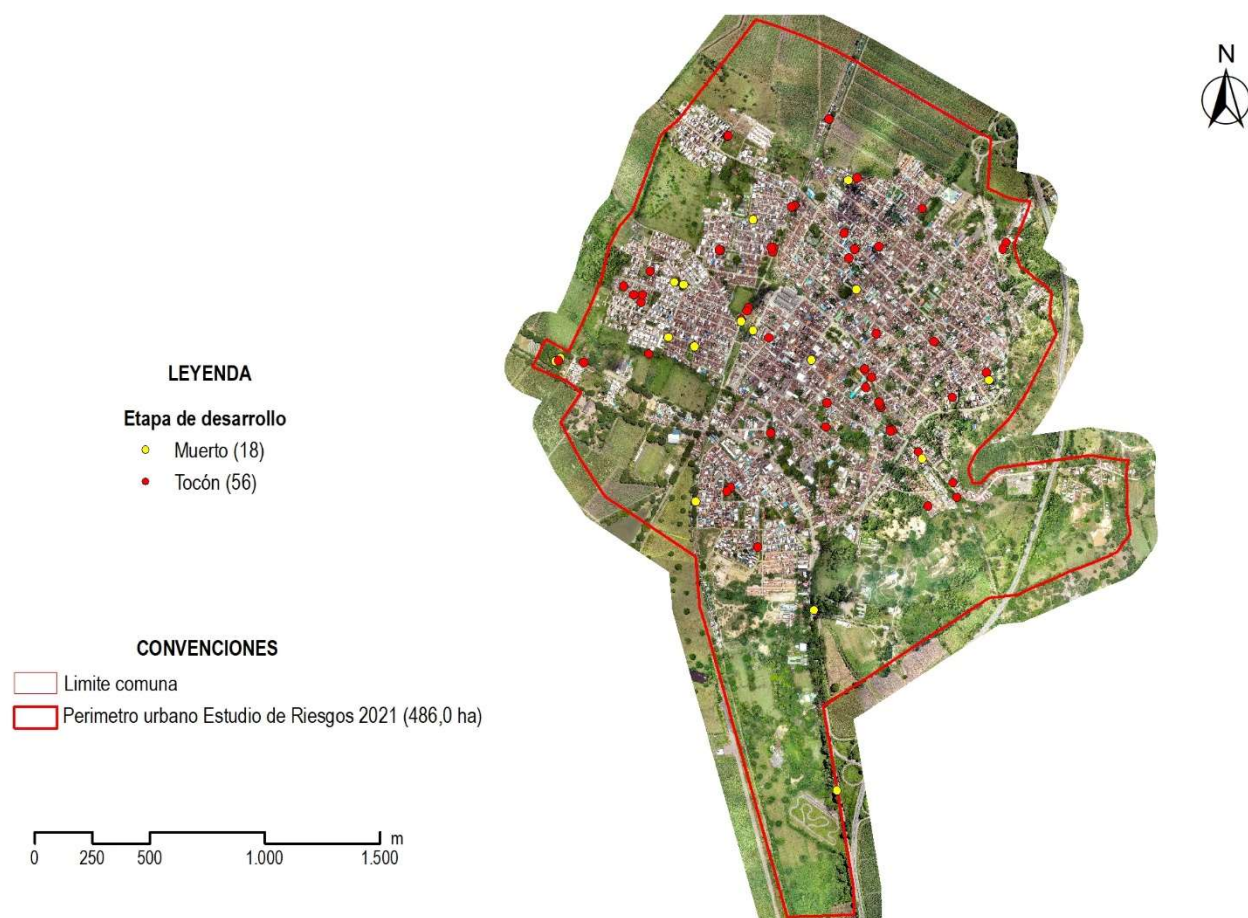


Figura 36. Distribución espacial de individuos muertos y tocones.

Fuente: Elaboración propia.

Prevención fitosanitaria

La fitosanidad del árbol urbano debe ser pensada para cumplir con el uso sostenible de los árboles. Para ello se debe definir un plan o programa de manejo arbóreo en el tiempo y en el espacio y que este corresponda con criterios como: los tiempos en función de la edad del árbol, vigorosidad, nivel de estrés u otros parámetros evaluados en el censo. Así mismo, se debe definir los periodos de mantenimiento y que comprendan ejercicios de planificación de manejos en los cortos, medianos y largos plazos, donde los programas de manejo lograrán fabricar un marco de manejo espacio-temporal similar a una vigencia trianual como mínima y quinquenal como máximo.

Un plan de manejo del árbol urbano deberá contener un programa determinado con enfoque de manejo integral de plagas y enfermedades (MIPE) en unidades de árbol o en subunidades de arbolados. Este programa de manejo o de intervención debe considerar las acciones preventivas y de control o acciones extremas de erradicación.

Las acciones preventivas se centran en propósitos que fortalezcan la implementación de actividades silviculturales, enmarcados en los tratamientos profilácticos hacia la intervención con microorganismos biológicos y criterio ecológico. Conocer las especies adecuadas y en el tiempo preciso que deben ser

utilizadas para asegurar el éxito, que permitirán el desarrollo de copas y rodales vigorosos y con buena sanidad, lo que razonablemente se traduce en una reducción de los riesgos del apareamiento de plagas y enfermedades (disturbantes).

Entre los aspectos biológicos y ecológicos podrían entrar a considerar que la protección tanto de las plagas y de los patógenos contemplan la selección de especies adecuadas a condiciones naturales de espacio o lugar, es conservar la composición y estructura original, la realización de los tratamientos de podas, raleos, limpias, en los períodos e intensidades adecuadas, promoviendo evitar el estrés, como una condición propicia para el apareamiento de los agentes supresivos como una plaga o una enfermedad.

El plan de acción fitosanitario deberá contener como mínimo:

- Una identificación de principales riesgos potenciales o actuales.
- Un plan de monitoreo intenso y un registro de información permanente.
- Capacitación profesional dirigido al personal de campo, sobre medidas preventivas, medidas de control y seguimiento al plan de manejo.

En caso de aplicar medidas de control, privilegiar el uso de métodos de control biológicos y mecánicos. El control químico, se utilizará en caso de que ninguno de los anteriores pueda ser aplicado. Si fuera necesario aplicar plaguicidas, estos deberán ser amigables con el ambiente y se deberá utilizar el equipo e indumentaria de protección especial para su aplicación; en caso de aplicaciones en áreas aledañas a sitios poblados, se deberá avisar el día y la hora de las aplicaciones, para no causar intoxicaciones a los ciudadanos, El control deberá efectuarse de manera inmediata.

En este apartado se hace mención de los diferentes aspectos en el manejo de la sanidad del arbolado urbano:

Acciones preventiva con control biológico

El método de control biológico consiste en la utilización de organismos vivos, o de sus productos, para evitar o reducir los daños causados por los organismos nocivos. Entre las ventajas del control biológico, se encuentran: bajo riesgo de toxicidad, no generan contaminación del medio ambiente, ninguna restricción en cuanto a plazos de seguridad y baja posibilidad de que las plagas generen resistencias.

En el caso del arbolado urbano, el método biológico tiene con fin mantener una plaga por debajo de los niveles de daño al árbol (o que comprometa su salud integral). Su valor en la gestión integrada del arbolado urbano recae en que puede utilizarse como un control eficiente de una plaga, en cualquier espacio de tiempo (medio y largo plazo), compatible con un bajo riesgo ambiental. Es importante recalcar la importancia de los programas de control biológico, ya que este integra: la ecología, biología y comportamiento de los enemigos naturales de la plaga, además de aquellos factores que podrían ser causantes de cambios poblacionales entre los insectos dañinos y de los patógenos.

Los tipos de control biológico deben incluir los parasitoides, depredadores y patógenos de insectos y ácaros, así como fitófagos y patógenos de malezas acompañantes del individuo arbóreo en sus primeras etapas. Estas incluyen el uso de feromonas, hormonas juveniles, técnicas autocidas y manipulaciones genéticas. Para el caso de enfermedades, se utilizará el uso de antagonistas. Las acciones específicas deben ser prescritas por un especialista con un conocimiento amplio sobre las

biologías de las plagas y de sus enemigos naturales. La disponibilidad de productos comerciales de tipo biológico para el control plagas y enfermedades es muy limitada en el mercado colombiano, debido a que los biocontroladores son muy específicos. Los resultados del control biológico se pueden observar a mediano y largo plazo, a diferencia del control con productos químicos.

Para el manejo biológico con énfasis en la prevención, se recomienda la aplicación productos a base de agentes antagónicos como *Trichoderma sp.*, *Gliocladium virens*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas spp.* y *Glomus intraradices*. Para el componente entomológico se recomienda la aplicación de agentes entomopatógenos tales como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, de fácil consecución comercial y ampliamente utilizados para el control de diferentes especies de insectos.

Prevención de enfermedades del suelo

Las enfermedades transmitidas por el suelo son aquellas causadas por patógenos que inoculan al huésped a través del suelo (a diferencia del aire o el agua). Los suelos insalubres pueden tener problemas con altos niveles de incidencia de enfermedades y plagas. Las enfermedades comunes transmitidas por el suelo a este tipo de población incluyen humedecimiento, pudrición de la raíz y marchitez vascular; y pueden presentar síntomas como decoloración de los tejidos, marchitamiento del follaje, pudrición de las raíces y muerte súbita.

Las enfermedades transmitidas por el suelo pueden reducir significativamente los beneficios y productos de muchos árboles y pueden diezmar el arbolado urbano si no son objeto de manejo. Los patógenos responsables de las enfermedades transmitidas por el suelo se extraen de varios grupos taxonómicos. El grupo más grande son los hongos, pero las enfermedades de las plantas perennes también pueden ser causadas por bacterias, protozoos, virus y nematodos. Bajo ciertas condiciones, muchos de estos organismos causantes de enfermedades ya existen en el suelo en una forma no patógena. Otros organismos invasores solo pueden sobrevivir en el suelo durante un corto período de tiempo después de ser introducidos. En ambos casos, los cambios en los factores del suelo como el pH, la humedad, la temperatura y el nivel de nutrientes pueden precipitar un brote de enfermedad.

Estos cambios pueden ser el resultado de un cambio en las prácticas de manejo de árbol urbano, la introducción de nuevas sustancias al suelo o la introducción de nuevas especies. Estrategias de manejo como asegurar campos bien drenados y aireados; selección de variedades de plantas resistentes a enfermedades y la aplicación de compuestos como el sulfato de cobre puede ayudar en gran medida a reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por el suelo.

El diagnóstico de una enfermedad transmitida por el suelo puede ser difícil y normalmente se basa en una combinación de síntomas observados y conocimiento previo de enfermedades comunes que pueden ser un problema en la región. La comparación de muestras de árboles sanas y de árboles enfermos mediante análisis de laboratorio puede ayudar a identificar patógenos específicos. Los síntomas que debe analizar en una búsqueda preventiva incluyen: decoloración de las hojas (coloración amarillenta, manchas negras), decoloración del tallo (especialmente cerca de la superficie del suelo), marchitamiento de la planta, pérdida de vigor, retraso del crecimiento, distorsión del tejido (hojas de formas extrañas, agallas formadas en los tallos).

Manejo de plantas parásitas y epífitas

Las plantas parásitas son aquellas que poseen estructuras especializadas para obtener de sus hospederos el soporte y los nutrientes necesarios para su desarrollo. Así, provocan la reducción del crecimiento de sus hospederos y su debilitamiento. Pueden ocasionar infestaciones severas y hasta la muerte. Se destacan los géneros *Arceuthobium*, *Psittacanthus*, *Struthanthus*, *Phoradendrom*, *Cladocolea* y *Tillandsia*. El censo reporta que las áreas afectadas por plantas parásitas en los diferentes tejidos maderables del árbol no cuentan con manejo, tampoco las arboledas en los andenes y parques. Es necesario implementar acciones de diagnóstico de manejo correcto, prevención y control.

En Colombia, las plantas parásitas de la familia Loranthaceae se considera una plaga en todos los ecosistemas naturales arbóreos. Se pueden reportar actualmente más de 10 géneros y alrededor de 150 especies. Estas plantas pueden ocasionar destrucción de los árboles urbanos en todos los climas, ya que están presentes en más del 10% de la superficie arbolada del país. El parasitismo de estos muérdagos hace que se pierda un volumen de la madera y se produzca la muerte de la rama y eventualmente del árbol. Entre los géneros reportados como causantes de problemas, se mencionan en el caso de las especies latifoliadas o los árboles de hoja ancha, las siguientes parásitas: *Phoradendron*, *Arceuthobium*, *Dendrophthora*, *Phthirusa*, *Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Struthanthus*, *Cladocolea*, *Oryctanthus*, *Antidaphne*.

Los daños relacionados que causan estas parásitas en su hospedero van desde deformación de la madera, con una reducción de crecimiento, mayor predisposición al ataque de otras enfermedades oportunistas, hasta la reducción de la longevidad del árbol. Los perjuicios causados por *Phoradendron* no son tan graves o severos como los causados por *Arceuthobium*, pero ciertas especies pueden llegar a provocar la muerte del árbol. Un primer signo visible de la infección de la parásita es la visión de pequeños brotes aéreos saliendo del hospedero. La infección severa causa la reducción del vigor por la competencia de nutrientes y agua. El muérdago, al absorber el agua, los minerales y los fotosintatos del árbol hospedante, provoca inanición y muerte de la porción de la rama que se encuentra debajo del foco de infección. Conjuntamente, altera el equilibrio de las sustancias hormonales del árbol en el área afectada y produce hipertrofia e hiperplasia de las células, así como hinchamientos y deformaciones de varias formas sobre las ramas. Como consecuencia, se presenta un desequilibrio del sistema hormonal que estimula también a las yemas laterales, regularmente en reposo, y que formen una cantidad excesiva de retoños, originando un crecimiento denso de aspecto anormal. Las infecciones muy críticas severas causadas por las parásitas debilitan a los árboles y aumentan el riesgo al desplome por el viento.

La hipertrofia se describe como una anomalía localizada en el tejido del hospedero en el punto de la infección, que es una disrupción del desarrollo normal de los tejidos, ocasionando formas de células secundarias del xilema y floema. Puede ocurrir muerte descendente de ramas. Este es un síntoma común que afecta a las ramas distales a la conexión del muérdago parásito ocasionando su muerte. Al mismo tiempo, el segmento de la rama proximal al punto de conexión subsiste vivo y continúa suministrando agua y nutrientes al parásito. También, se presentan casos en que la parte distal cae, quedando sólo la rama soportando la planta de muérdago en la punta. Pueden ocurrir casos en que se presente un síntoma muy severo y que lleve a la muerte de toda la parte alta del árbol.

Las plantas epífitas no son consideradas como un problema patológico, debido a que no toman agua o nutrientes del árbol hospedero y solamente lo utilizan como soporte. Sin embargo, se alimentan a través de hojas cubiertas de tricomas o pelos especializados para coleccionar agua y nutrientes del

ambiente, lo cual puede ocasionar asfixia de ramas y muerte de los árboles en grado avanzado. Por esta razón, se les está dando la categoría de plantas exoparasitas.

Dentro de las acciones de control, se deben establecer los métodos técnicos para la evaluación y control de plantas parásitas y epifitas de los géneros *Arceuthobium*, *Psittacanthus*, *Struthanthus*, *Phoradendron*, *Cladocolea* y *Tillandsia*. Se debe contar con información sistematizada de las superficies afectadas y tratadas por plantas parásitas y epifitas.

Control de pudriciones de plantas parásitas

Todavía los científicos no han desarrollado metodologías de control eficiente de estas parásitas, sin que se comprometa en parte la salud del árbol. Entre estas técnicas se conocen e investigan algunos métodos para el control de dichas plantas parásitas, entre los más importantes se encuentran:

- **Control silvicultural.** Consiste en el manejo de sitios infectados e involucra la detección, evaluación, prevención y supresión del patógeno. Una vez que el árbol infectado o la rama son cortados, la planta parásita y/o hemiparásita muere. La poda de este tipo de muérdagos parásitos, podría ser la práctica de manejo más sencilla, al no contar el muérdago con un sistema radicular sistémico, por esta razón solo bastaría con eliminar el tumor o muñón donde se encuentra fijada la planta parásita. Una vez eliminado, contrastar con cualquier tipo de sustancia que no permita la entrada de otros patógenos oportunistas. La única forma de controlarlo es pues la de eliminarlo de los árboles, hacerlo una vez al año, cuando las ramas infestadas, de preferencia antes de que aparezca la semilla del muérdago, para evitar su propagación. Empero, tiende a reaparecer después de algún tiempo. En los casos de infestación severa, el único remedio es derribar el árbol como última medida. En caso de que indique un riesgo potencial de desprenderse las ramas.
- **Control biológico.** Consiste en desarrollar insectos herbívoros u hongos patógenos como agentes prácticos del control de plantas parásitas. Pero ninguno ha sido suficientemente estudiado y desarrollado para su uso como control biológico.
- **Control químico.** Hasta ahora no se han descrito ningún control químico eficaz contra la planta parásita. Se han empleado herbicidas selectivos para manejar las poblaciones de plantas parásitas y/o hemiparásita. Se han desarrollado investigaciones con 60 diversos productos químicos que comprende en su mayoría formulaciones de 2,4-D o de 2,4,5-T, pero tienen el problema de que ninguno resultó suficientemente selectivo ya que también pueden dañar el árbol hospedero. Un producto prometedor es el ethephon (ácido 2-cloroetilfosfónico) que induce la abscisión de la parte aérea de las plantas parásitas y/o hemiparásitas. Hasta el momento son muy pocos los efectos secundarios sobre el árbol hospedero, dependiendo de la combinación hospedero-parásito y de las condiciones ambientales locales (Hawksworth y Johnson, 1989). Es importante mencionar que los estudios han indicado que cuando se aplica el Ethephon® o ácido 2-cloroetilfosfónico, es posible que reduzca el índice de la extensión del muérdago parásito y proteger árboles debajo de árboles infectados. Pero, cuando las composiciones existentes en el Estado de la Técnica no permiten curar árboles infectados mientras que el sistema endofítico siga estando activo, por lo que la aplicación se restringe a árboles en áreas de alto valor, tales como sitios recreativos, residenciales y comerciales.

Acciones generales de prevención

- **Eliminación de plantas voluntarias o “guachas”.** Las plantas voluntarias o guachas son aquellas plantas que rodean a los árboles plantados y que nacen espontáneamente a partir de residuos presentes en los suelos o sustratos. Estas plantas compiten con los arbolitos recién plantados y son dejadas por no considerarse dañinas. Un resultado de esta situación es que las plagas tienen un sitio donde alimentarse y sobrevivir, sirviendo de fuente de infección y debilitando las raíces de los árboles en crecimiento. Esta limpieza debe hacerse al establecimiento del árbol, ya que las plantas pequeñas son más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Se debe hacer manualmente la desyerba, ya que si se utiliza guadaña puede dañar los tejidos del tallo y puede producir el ataque de patógenos con *Verticillium* o *Ceratocystis*.
- **Eliminación de árboles con afectaciones patológicas tempranas.** En el caso de enfermedades causadas por virus y bacterias, es posible retrasar la diseminación de la enfermedad eliminando los árboles con sintomatologías sospechosas que muestran síntomas de la enfermedad. Esta práctica también puede ser de utilidad en el manejo de plagas de poca movilidad como los ácaros y trips, los cuales son plagas directas y transmiten enfermedades.
- **Recolección de fruta dañada y fruta caída.** Esta práctica es de mucha importancia en el manejo de plagas y enfermedades que afectan frutos. Se recomienda recoger los frutos dañados y caídos y aprovecharlos para elaborar compost o enterrarlos. En el caso de enfermedades, cubrirlos con tierra puede ser suficiente para prevenir su diseminación. En el caso de insectos, es necesario que las frutas sean cubiertas al menos con 15 cm de suelo, o ser puestas en bolsas plásticas resistentes, con el fin de evitar el escape de los insectos. Esta práctica es de mucha utilidad para el manejo de picudos y descortezadores en árboles de la familia de leguminosas, asociados al ataque de estados larvales de lepidópteros y dípteros en árboles que producen frutos.

Prevención entomológica

La presencia de insectos es un elemento clave, y forma parte fundamental de la composición asociada a la fauna circundante y propia de diferentes ecosistemas; dentro de estos podemos mencionar insectos de importancia como es el caso de los polinizadores de donde destacan las abejas como eje principal, así como otros himenópteros y dípteros alados. Insectos controladores naturales conocidos vulgarmente como avispas, mariquitas y mantis, prestan servicios ambientales de suma importancia al alimentarse de diferentes especies de insectos considerados como plagas. Los insectos que se alimentan de diferentes especies vegetales de ámbito comercial como sistemas agrícolas productivos, no son ajenos a colonizar y aprovechar diferentes especies arbóreas, teniendo grupos taxonómicos y especies insectíles, capaces de explotar los diferentes recursos provistos por los árboles con el fin de aumentar las poblaciones y el área de acción de las mismas, convirtiéndolos para el caso en cuestión en insectos plaga asociados a especies arbóreas urbanas.

Los descortezadores son un grupo de insectos de gran importancia que ataca a los árboles urbanos. Son organismos que se desarrollan debajo de la corteza de los árboles, debilitándolos y provocándoles la muerte. Especie como *Oncideres sp.*, dejan un aspecto de leña grumosa o resina en el caso de especies que dispongan de secreciones al verse afectadas, la presencia es evidente en el fuste y/o ramas, los grumos de aserrín son suaves, llegan a ser duros si se presentan resinas con el tiempo y

de coloración rojiza intensa. El follaje presenta un cambio de coloración de verde oliváceo a tonos rojizos, pasando de verde limón a amarillo, con presencia de galerías en la corteza aislada del medio externo.

Las medidas de prevención deben estar dirigidas a la categoría de plagas primarias, aquellas especies insectiles que atacan la madera sin daño previo. A diferencia de las plagas secundarias, las que, por el contrario, no atacan a la madera o cualquier tejido arbóreo íntegro, aunque se alimentan de aquellos que ya han sido atacados por las plagas primarias o que han estado sometidos a manejo o procesamiento. También hay que dejar en claro que en ocasiones es posible que se presente un efecto sinérgico entre los diferentes grupos taxonómicos de insectos. En ese sentido, las acciones recomendadas enfatizan en diferenciar que son plagas o patógenos primarios (las que directamente afectan la salud del árbol), de las plagas o patógenos secundarias (las que usualmente afectan árboles ya debilitados por un factor predisponente).

Identificar los diferentes problemas que ameritan la implementación de las medidas de control de insectos con impacto negativo y considerados como plagas, es clave en la toma de decisiones, es por ello que el monitoreo constante es fundamental para establecer y aplicar las diferentes alternativas disponibles dentro del manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y tener control oportuno de las poblaciones de insectos plaga en el arbolado urbano. En ese sentido, se mencionan los grupos características y estrategias de manejo de diferentes grupos taxonómico de patógenos más representativos identificados en el arbolado urbano:

Orden Coleóptera

La presencia de insectos como el caso de los pertenecientes al orden Coleóptera, conocidos vulgarmente como cucarrones o escarabajos, se presenta como un problema potencial de la estructura y sanidad general del árbol. Debido al habito alimenticio, el insecto permanece al interior de la madera desde el cambium hasta el xilema con algunas particularidades según la especie. Poblaciones de escarabajos pueden penetrar el tronco y estructuras leñosas en general del árbol, ocasionando daños directos como pérdida de la corteza de la planta lo cual implica desproverer la planta de la protección externa que brinda la corteza, también afectar la estructura e integridad de la planta; permitiendo visualizar desde la parte externa del individuo arbóreo los orificios o perforaciones del ingreso cuando el daño ya es irreversible. En ramas adultas la presencia de galerías realizadas por el insecto, pueden debilitar la rama, la cual queda propensa a caer a causa de su propio peso; también las lluvias aumentan la probabilidad de caída de las ramas afectadas debido al incremento de peso que propicia la lluvia sobre dichas estructuras. Otro aspecto para considerar son las lesiones ocasionadas por el insecto, al crear las galerías, que potencialmente pueden convertirse en la puerta de entrada de organismos patogénicos oportunistas que podrían colonizar y ocasionar problemas patogénicos que afectarían el correcto desarrollo de la planta.

Debido a la importancia que representa la presencia de galerías realizadas por coleópteros, es de tener en cuenta el monitoreo constante del árbol, con el fin de tomar medidas tempranas que puedan controlar la población del insecto mediante la aplicación de alternativas de control como microorganismos entomopatógenos, *Beauveria bassiana*, y *Metarhizium anisopliae*, estos son reportados como controladores de este tipo de insectos; controles culturales como la remoción de estructuras afectadas mediante la realización de podas sanitarias, es una excelente alternativa, teniendo en cuenta la oportuna remoción de los residuos de poda circundantes a la planta, y en última medida aplicar alternativas de control de síntesis química, las cuales son poco recomendables, debido

a la ubicación del árbol respecto a la población circundante y fauna benéfica. Es de tener en cuenta que una vez la larva se encuentra afectando el interior de las estructuras vegetales, la eficiencia de los productos químicos es casi nula.



Fotografía 6. Daños asociados a Orden Coleóptera.

Fuente: Elaboración propia.

Orden Himenóptera

Dentro de este grupo taxonómico la hormiga arriera tal como el caso de la especie *Atta cephalotes*, se presenta frecuentemente ocasionando daños importantes a las diferentes especies vegetales de las que se alimenta; la hormiga realiza cortes a las hojas, como resultado pierden área fotosintética que puede conllevar a la muerte de la planta si el ataque es excesivo; el problema principal radica en el número de individuos que efectúa el proceso de alimentación sobre un individuo vegetal.

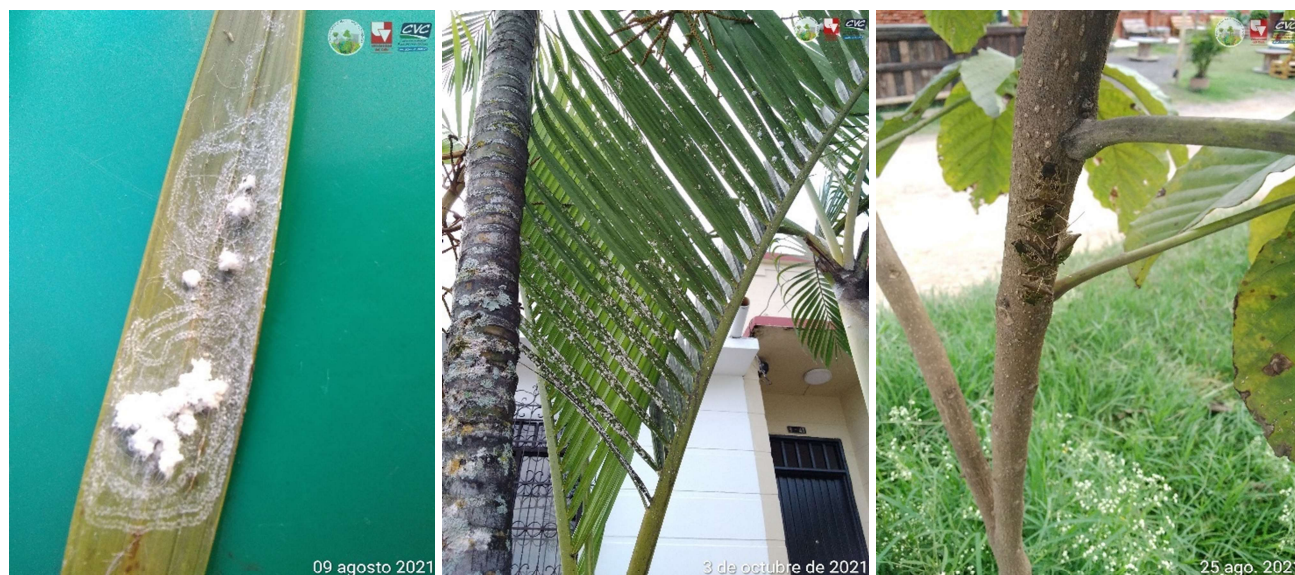
El control Cultural basado en el monitoreo constante de la población de los insectos se hace un aspecto clave, en épocas lluviosas identificar los hormigueros jóvenes y retirar con acción mecánica (uso de pala), en aras de tomar medidas de control adecuadas y a tiempo. El control biológico basado en el uso de cebos que contengan los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma sp.*, y *Penicillium sp.*, son reportados como controladores de este tipo de insectos. El control químico se basa en el uso de cebos tóxicos a las hormigas con ingredientes activos como sulfruramida, clorpirifos y fipronil. Cabe resaltar la importancia del tener precaución al momento de aplicar productos de síntesis química y se deben mantener las recomendaciones del empaque del producto, así como la asesoría de un Ingeniero Agrónomo, al momento de realizar cualquier estrategia de control frente a los insectos plaga.



Fotografía 7. Algunos daños e insectos asociados al Orden Himenóptera.
Fuente: Elaboración propia.

Orden Hemiptera

Representado por insectos frecuentes como el chinche negro *Antiteuchus tripterus*, chinche patón *Leptoglossus* sp., chinche gigante *Pachylis* sp., cochinas tales como *Crypticerya* sp., *Pseudococcus* sp., y la falsa palomilla *Poekilloptera phalaenoides*. Este grupo de insectos se caracteriza por presentar un aparato bucal tipo chupador, el cual utilizan para romper el tejido preferiblemente tierno, con el fin absorber a través de su aparato bucal, el contenido celular del tejido atacado. Son insecto que potencialmente pueden ser vectores de patógenos, por lo que deben ser tenidos en cuenta inclusive en bajas poblaciones presentes en el árbol. El control Cultural basado en el monitoreo constante de la población de los insectos se hace un aspecto clave principalmente en periodos secos, en aras de tomar medidas de control adecuadas y a tiempo. Las podas sanitarias son un recurso importante, ramas afectadas o con poblaciones elevadas del insecto es conveniente removerlas. Las podas estéticas sirven de herramienta de control ya que aumentan la circulación de aire dentro del dosel del árbol y permiten la entrada de luz. El control biológico basado en el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus*, son utilizados con frecuencia para el control de Hemípteros. Los productos químicos se sugiere aplicarlos en casos estrictamente necesarios bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo con las debidas normas de protección del caso. Productos de síntesis química con ingredientes activos como tiametoxam y malathion pueden ser utilizados para el control de estos insectos. Es importante el resaltar que es poco recomendable la aplicación de productos de síntesis química, dado que puede afectar drásticamente las poblaciones de insectos benéficos y controladores naturales, además del riesgo con el ambiente público expuesto y circundante.



Fotografía 8. Algunos daños e insectos asociados al Orden Hemiptera.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 11 (continuación). Algunos daños e insectos asociados al Orden Hemiptera.

Fuente: Elaboración propia.

Arbolado urbano y contribución al bienestar de la población

En este aparte la aproximación se hace desde la perspectiva de bienestar de la población. La masa forestal ofrece una serie de bienes y servicios que pueden ser agrupados desde diversas opciones. Para el municipio de Zarzal se propone una aproximación desde los beneficios y desde las especies como particularidades especiales.

En términos de beneficios, se encontró un número significativo de árboles que deben ser motivo de gestión por su oferta de frutos, esta gestión estaría encaminada a dar un uso adecuado a dichos árboles potenciando su función hacia su consumo directo para contribuir con la seguridad alimentaria, a su vez que facilita el manejo de altos stocks de producción de materia orgánica. Así mismo se incluyen especies arbóreas que deben ser incluidas en procesos de reemplazo paulatino, más allá de su estado físico y sanitario.

Árboles frutales

Los árboles frutales son un componente importante del arbolado urbano. Brindan los mismos servicios que otros árboles urbanos (sombra, purificación del aire, etc.) pero poseen el beneficio adicional de la producción de alimentos, que ayuda a la seguridad alimentaria del área urbana. Los árboles frutales también tienen requisitos de mantenimiento únicos para maximizar la productividad, que incluyen polinización, manejo fitosanitario, podas de formación y fructificación, y la gestión del riesgo para minimizar el daño a propiedades y personas por el exceso de fruta. Los árboles frutales también suelen estar sujetos a percepciones públicas diferentes a las de sus contrapartes que no dan frutos, lo que da como resultado una cultura única de árboles frutales que a menudo es específica de una región. En los trópicos, la cultura de mantener huertos familiares de frutas comestibles, plantas medicinales y otros alimentos es una práctica común (Larinde, 2014).

Considerando la importancia de los árboles frutales y sus requisitos especiales de manejo, a continuación se presenta el listado de especies identificadas en el censo arbóreo y se ofrecen recomendaciones generales de manejo.

De la familia Anacardiaceae

Tabla 25. Individuos frutales de la familia Anacardiaceae.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	36
<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo	4
Total		40

Fuente: Elaboración propia.

De la familia Rutaceae

Tabla 26. Individuos frutales de la familia Rutaceae.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad
<i>Citrus × sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	6
<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck	Limón	6
<i>Citrus × limonia</i> (L.) Osbeck	Limón mandarino	3
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	Limón pajarito	2
<i>Citrus × aurantium</i> L.	Mandarina	2
<i>Citrus × aurantium</i> L.	Naranja	1
Total		20

Fuente: Elaboración propia.

De la familia Annonaceae

Tabla 27. Individuos frutales de la familia Annonaceae.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad
<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	54
<i>Annona squamosa</i> L.	Anón	1
<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimoya	1
Total		56

Fuente: Elaboración propia.

De la familia Myrtaceae**Tabla 28. Individuos arbóreos de la familia Myrtaceae.**

Nombre científico	Nombre común	Cantidad
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	11
<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (O. Berg) Nied.	Guayabo agrio	1
Total		12

Fuente: Elaboración propia.

Frutales identificados de otras familias**Tabla 29. Individuos frutales de diferentes familias.**

Nombre científico	Nombre común	Familia	Cantidad
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	42
<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de Coco	Arecaceae	12
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	Caricaceae	5
<i>Matisia cordata</i> Bonpl	Sapote	Malvaceae	1
Total			60

Fuente: Elaboración propia.

Recomendaciones para el gestión del arbolado frutal urbano:

- **Establecer comités locales de huertos frutales.** Los comités locales están conformados por habitantes interesados en el establecimiento, cultivo y cosecha de árboles frutales en espacios públicos y privados de la cabecera urbana. Estos comités locales son importantes para garantizar la gestión cooperativa y la transmisión de conocimiento entre entidades públicas, las comunidades locales, el sector académico y otros actores interesados en la gestión del arbolado urbano.
- **Garantizar la transmisión de conocimiento.** Desde la administración pública, el sector académico y el sector productivo frutícola del departamento, debe garantizarse la transmisión del conocimiento técnico sobre la gestión del arbolado frutal urbano hacia los comités locales. Debido a los requerimientos especiales de manejo de los huertos frutales, su gestión debe estar basada en la articulación de diferentes actores y procesos amplios de concertación y participación ciudadana. Una vez construido el conocimiento desde los comités locales, debe garantizarse el proceso inverso de transmisión de conocimiento desde las comunidades locales hacia las instituciones públicas y privadas.

Los lineamientos generales de manejo silvicultural para los árboles frutales tienen como objetivos: mantener una buena eficacia vegetativa y productiva el mayor tiempo posible, regular la forma y las dimensiones de los árboles para facilitar las labores de cultivo, regular la fructificación cada año, y favorecer la producción de fruta de calidad. Con base en Angel (2018), se presentan las siguientes recomendaciones:

- **Poda de formación.** Dirigida al logro de una copa equilibrada, con ramas vigorosas, capaces de soportar una fructificación abundante sin que se produzcan roturas. Se efectúa desde el momento de la plantación del frutal hasta su entrada en producción. Durante este período la planta se caracteriza por una intensa actividad vegetativa y por la ausente o escasa fructificación. Se debe tener en cuenta que la poda ejerce una acción depresiva sobre el desarrollo del tronco, de la copa y del sistema radicular, mientras que la acción ejercida sobre ramas individuales estimula su actividad vegetativa por lo que resultan más vigorosas y revestidas de un número mayor de hojas más grandes. Teniendo en cuenta lo expuesto, la poda de formación debe cumplir con las siguientes exigencias: 1) El esqueleto de la planta debe formarse en el tiempo más breve posible. 2) Las ramas que constituirán el esqueleto deben elegirse cuando están todavía en el estado de brotes y seguidas hasta su completo desarrollo, eliminando los brotes competentes y regulando su vigor mediante la modificación de su ángulo de inserción. En algunas especies la formación de ramas de segundo y tercer orden puede lograrse fácilmente empleando tanto los brotes normales como los anticipados. 3) Además de las ramas para la formación del esqueleto deben guiarse las ramas de renovación.
- **Poda de floración o fructificación.** Regula la producción de flores y frutos. Se aplica gradualmente a los árboles adultos para conservar la forma impuesta y para regular la relación entre la actividad vegetativa y la productiva, Se realiza sobre el árbol adulto, con el fin de lograr un equilibrio entre la producción y el vigor vegetativo. Se debe conocer sobre qué tipo de ramas fructifica la especie. Algunas lo hacen sobre ramas del año anterior o de mayor edad, en ramas cortas o en ramas largas. Teniendo en cuenta lo expresado, la poda se basa en el raleo (supresión) o el acortamiento de las ramas, ajustándose al hábito de fructificación y al vigor de cada especie.
- **Nutrición.** Las plantas frutales necesitan crecer en un suelo con buenas características estructurales que permita mantener un equilibrio entre la cantidad de poros que acumulan aire y agua y por lo tanto aseguren el desarrollo normal de las raíces y un buen drenaje del agua. Además, precisan determinados nutrientes para desarrollarse y producir. Los más importantes y requeridos son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Por esta razón es importante conocer el contenido nutricional en los suelos mediante métodos de laboratorio. La cantidad que debemos aportar depende de diferentes factores: contenido en el suelo, edad del árbol frutal, cantidad de fruta, entre otros. Dentro de economía circular, se debe proponer el uso de abonos orgánicos compostados con estiércol de caballo, cerdo o vaca, residuos de alimentos, pasto, ramas de poda, etc.

Para usos especiales, también se resalta la oferta de especies de muy alto valor como son las que se presentan a continuación:

Tabla 30. Especies de usos especiales identificados en el censo.

Nombre científico	Especie	Cantidad	Extractos	Saponinas	Tintes	Recipientes
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Mirto	23	x			
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Neem	8	x			
<i>Plumeria rubra</i> L.	Amancayo rosado	6	x			

<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Clavellino, Flor de navidad	3			x	
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Chambimbe	2				
<i>Genipa americana</i> L.	Jagua	1			x	
Total		43				

Fuente: Elaboración propia.

En términos de las palmas sus usos incluyen alimentación y fines estructurales, ya sea a partir de sus hojas o de su estípote, así mismo el manejo de ellas debe estar dirigido hacia minimizar la amenaza de la caída tanto de las hojas como de los frutos.

Tabla 31. Palmas y usos identificadas en el censo.

Nombre científico	Especie	Cantidad	Alimento	Cestería	Estructuras
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	Palma real cubana	73			x
<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de Coco	12	x		
<i>Sabal mauritiiformis</i> (H.Karst.) Griseb. & H.Wendl.	Palmiche, Palma amarga, Palmicha	3	x		
<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.	Palma zancona	2	x		
Total		90			

Fuente: Elaboración propia.

Por último, no se cuenta con una cantidad de individuos significativa para considerar utilizar la madera con fines para infraestructura urbana.

8. INDIVIDUOS EN ESPACIO PUBLICO DECRETO 1077 DE 2015

Debido a la importancia y definición de roles en las actividades de mantenimiento, preservación y cuidado del arbolado urbano, en este capítulo se menciona aquellos individuos registrados en vía peatonal, áreas verdes públicas que entrarían a ser responsabilidad de las entidades prestadoras de servicio público de aseo basados en el Decreto 1077 del 2015.

Según lo establecido en el decreto, el *“ARTÍCULO 2.2.3.1.5 Elementos del espacio público. El espacio público está conformado por el conjunto de los siguientes elementos constitutivos y complementarios:*

1.2. Elementos constitutivos artificiales o construidos:

1.2.1.2. Los componentes de los cruces o intersecciones, tales como: esquinas, glorieta orejas, puentes vehiculares, túneles y viaductos.

1.2.2. Áreas articuladoras de espacio público y de encuentro, tales como: parques urbanos, zonas de cesión gratuita al municipio o distrito, plazas, plazoletas, escenarios deportivos, escenarios culturales y de espectáculos al aire libre.

1.2.5. De igual forma se considera parte integral del perfil vial, y por ende del espacio público, los antejardines de propiedad privada.”

Mientras que en el *“ARTÍCULO 2.3.2.2.2.6.70. Actividad de poda de árboles. Las actividades que la componen son: corte de ramas, follajes, recolección, presentación y transporte para disposición final o aprovechamiento siguiendo los lineamientos que determine la autoridad competente. Esta actividad se realizará sobre los árboles ubicados en separadores viales ubicados en vías de tránsito automotor, vías peatonales, glorieta, rotondas, orejas o asimilables, parques públicos sin restricción de acceso, definidos en las normas de ordenamiento territorial, que se encuentren dentro del perímetro urbano. Se excluyen de esta actividad los árboles ubicados en antejardines frente a los inmuebles los cuáles serán responsabilidad de los propietarios de estos.”*

“PARÁGRAFO 1. Se exceptuarán la poda de árboles ubicados en las zonas de seguridad definidas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).”

“PARÁGRAFO 2. Se excluyen de esta actividad la poda de los árboles ubicados en las rondas y zonas de manejo y preservación ambiental de quebradas, ríos, canales y en general de árboles plantados en sitios donde se adelanten obras en espacio público.”

“También se excluye del alcance de esta actividad la tala de árboles, así como las labores de ornato y embellecimiento.”

De acuerdo con los atributos definidos para el censo se consideraron 7 emplazamientos para esta clasificación, mencionados en la Tabla 32.

Tabla 32. Emplazamientos considerados dentro del Decreto de 1077 de 2015.

Decreto	Homologación censo
Incluido	
- No especificado en el decreto.	- Anden.
- Parques públicos sin restricción de acceso.	- Escenario deportivo.*
- Parques públicos sin restricción de acceso.	- Escenario cultural.**
- Glorietas o rotondas.	- Glorieta o asimilable.
- Orejas o asimilables.	- Oreja de puente o asimilable.
- Parques públicos sin restricción de acceso.	- Parque, plaza o plazoleta.
- Separadores viales.	- Separador vial.
- Vías peatonales.	- Vía peatonal.
Excluido	
- Canales.	- Borde de cauce artificial.
- Rondas y zonas de manejo y preservación ambiental de quebradas, ríos.	- Borde de cauce natural.
- No especificado en el decreto.	- Vía férrea.
- En general de árboles plantados en sitios donde se adelanten obras en espacio público.	- Otro.

* Considerado por presentar usos deportivos en el alrededor inmediato como canchas de futbol, canchas múltiples o similares de libre acceso para el público, sin considerar espacios con equipamientos y restricción de acceso como estadios, coliseos y demás.

** Considerado por presentar espacios culturales como teatrinos, plaza de toros o similar de libre acceso para el público, sin considerar equipamientos.

Fuente: Elaboración propia.

Distribución espacial de individuos (Decreto 1077 de 2015)

Del total de individuos registrados para el municipio, se identifican 3.864 individuos en los emplazamientos definidos por el decreto, siendo el 98,5% individuos vivos entre Juveniles, Adultos y Adultos senescentes, mientras el restante se distribuye en individuos Muertos o Tocones (Figura 37).

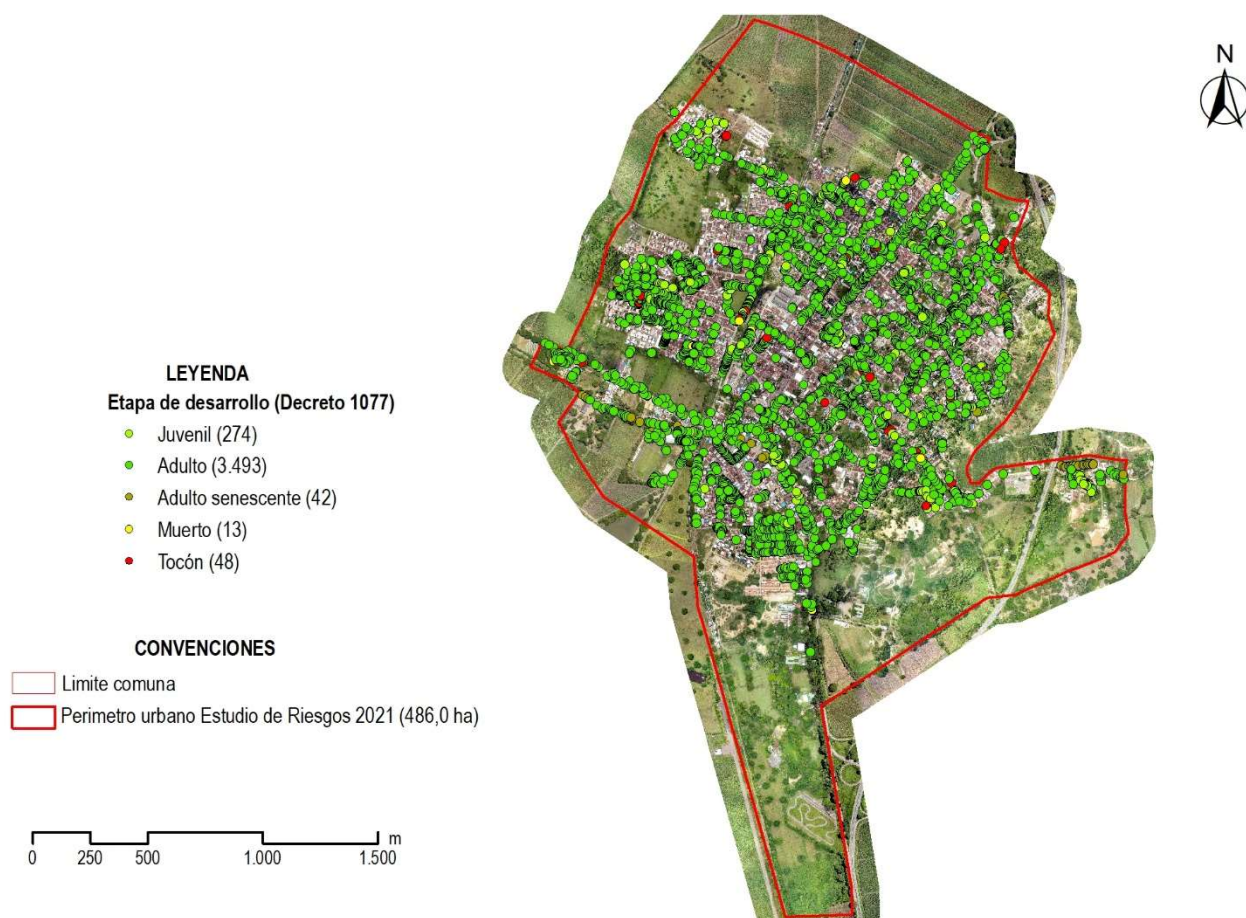


Figura 37. Distribución espacial de individuos censados según Decreto 1077 de 2015.
 Fuente: Elaboración propia.

Emplazamiento (Decreto 1077 de 2015)

El emplazamiento conserva la tendencia del registro total, debido que la mayor cantidad de individuos se ubican en Andenes o Parques, donde en sumatoria alcanza el 94,1% de los individuos censados. En detalle el 79,0% de individuos censados se encuentran ubicados en Andenes con un total de 3.054 registros, en Parques el 15,1% (583 registros) y el 4,9% (190 registros) sobre Escenario deportivo (Tabla 14).

Tabla 33. Tipo de emplazamiento en la cabecera municipal.

Emplazamiento	Número de individuos	Porcentaje
Andén	3.054	79,0%
Parque, plaza o plazoleta	583	15,1%
Escenario deportivo	190	4,9%
Glorieta o asimilable	23	0,6%

Vía peatonal	10	0,3%
Separador vial	4	0,1%
Total general	3.864	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Este panorama es reflejo del actual desarrollo urbanístico de la ciudad, donde se presentan considerable reducción de las AFP, zonas de dispersión como parques y una marcada dominancia de vías y andenes en las calles de la ciudad. Desde el punto de vista del arbolado, según la especie, se establece demandas altas de monitoreo y control en el desarrollo potencial de los individuos que eviten conflictos con redes aéreas, edificaciones o grados de estrés severos por confinamiento. De igual manera, se plantean retos de concientización cultural en la preservación del arbolado, con el fin de evitar el aumento de impermeabilización de superficies contiguas a cada individuo y el desarrollo de podas antitécnicas por personas no capacitadas en la materia.

Alturas (Decreto 1077 de 2015)

Basado en la resolución 0754 del 2014, “por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los planes de gestión integral de residuos sólidos”, los individuos arbóreos se clasifican en 4 categorías según su altura como se presenta en la tabla 18. Excluyendo los tocones como se aprecia en la tabla 18, el 98,3% de las podas se concentran en individuos de Tipo 1 (76,6%) y Tipo 2 (21,7%), este comportamiento es consecuente con composición florística identificada para el municipio y limitaciones en el libre desarrollo de individuos arbóreos.

Tabla 34. Clasificación de individuos y número de individuos según Decreto 1077 de 2015.

Categoría	Rango	Número de individuos	Porcentaje
Tipo 1	hasta 5 m	2.915	76,6%
Tipo 2	de 5,01 a 15 m	824	21,7%
Tipo 3	de 15,01 a 20 m	48	1,3%
Tipo 4	mayor a 20 m	17	0,4%
Total		3.804	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

9. RESULTADOS REVISIÓN DE CAMPO

De acuerdo con la revisión en campo donde se valida la efectividad en el registro de atributos y la omisión de individuos, se identificó que la clasificación taxonómica y fuste son los atributos que mayor porcentaje de error presentaron, con valores del 9% y 7%, seguido del CAP (6%) y Altura (3%). Por otro lado no se identificaron desacierto en los demás atributos que aparece en la Figura 38. Sin embargo en una revisión posterior se identificó sectores con posible omisión de registro de individuos en espacio público.

Desaciertos en el cálculo de altura se presenta por la automatización del procesamiento de la información y está relacionado desde la captura de imágenes del dron hasta la creación de coordenadas de cada individuo. Sin embargo la implementación de estas técnicas como medidas de contingencia, como las presentadas con el COVID-19, pueden representar un potencial de implementación aunque en sectores con formación de dosel y presencia de individuos en sotobosque, se requiere otro tipo de tecnología y con ello la estimación de costo-beneficio.

En cuanto a los hallazgos identificados en el resto de los atributos, se identifica un peso importante en errores por factor humano y en ello entra en juego consideraciones como la experiencia profesional, habilidades tecnológicas, agotamiento, momento del día de la evaluación del individuo, presión social o distracción con la comunidad, por mencionar algunos de ellos. Por lo que estos procesos se pueden mejorar aumentando controles en la supervisión de la información en campo.

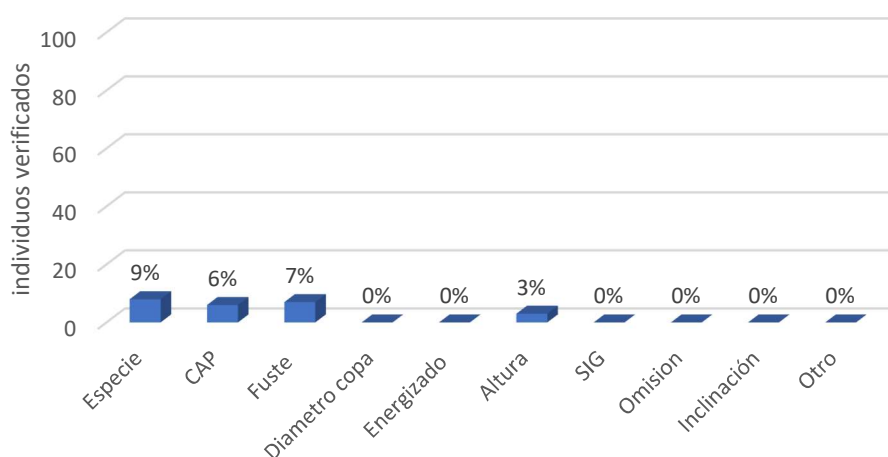


Figura 38. Resultados revisión de campo.

Fuente: Elaboración propia.

Ajuste y corrección de información

El proceso de ajuste y corrección se llevó en varias etapas, la primera consistió en identificar el factor de error en la clasificación taxonómica, se identificaron algunas falencias aleatorias en el registro de especies, registrando códigos de especies que no tienen relación, algunos ejemplos de ello se presentaron entre Acacia rubiña, Acacia amarilla, sibiparuna (*Caesalpinia pluviosa* DC) y Ébano falso

(*Geoffroea spinosa* Jacq.) o entre Ébano falso (*Geoffroea spinosa* Jacq.) y Pino libro (*Platyclusus orientalis* (L.) Franco., por lo que se revisó la información consignada en la base del censo y se ajustó los casos correspondientes.

El segundo error asociado a las variables DAP y Fuste, estas variables están anidadas y se corrigieron sin presentar nuevos hallazgos en las muestras aleatorias tomadas de la revisión interna y la revisión por parte de CVC.



Fotografía 9. Revisión de la información dasométrica.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el factor de error en la altura. Esta situación se corrigió validando la información con el registro fotográfico. Si bien el proceso automatizado puede acelerar procesos, presenta errores inherentes al proceso de concepción de información, en especial en solape de copas, formación de dosel o palmas donde el follaje no es lo suficientemente denso para identificar por fotogrametría.

En una posterior revisión se identificaron individuos posiblemente omitidos, visto desde el ortomosaico. Para ello se realizaron nuevas jornadas de campo para la validación de zonas e individuos omitidos y durante ese ajuste se ingresaron 125 individuos adicionales a la base inicial (Figura 39).



Figura 39. Revisión y registros de individuos omitidos.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, después de entregada la base consolidada y varios procesos de revisión y validación por parte de CVC (Tabla 35), se recibió la aprobación de la información del censos para la generación de informes y entrega de información espacial que queda disponible para la entidad territorial y GeoCVC.

Tabla 35. Versiones de ajuste y entrega.

Versión	Ajuste
V1	Emisión Inicial.
V2	Corrección georreferenciación de registros.
V3	Observaciones revisión de campo. Modificación del registro (código único identificador).
V4	Observaciones 2da revisión de campo. Se genera un nuevo código de registro.
V5	Observaciones 3ra revisión de oficina. Se ajustan alturas, fuste, diámetro de copa y asociaciones de sanidad. Ajuste datos informe.
V6	Ajuste unificación datos informe.
V7	Parametrización variables en la GDB.

Fuente: Elaboración propia.

10. CONCLUSIONES

- De manera satisfactoria para el municipio se registraron un total de 4.548 individuos arbóreos, de los cuales 4.474 corresponden a individuos vivos (98,4%) y 74 a individuos muertos o tocones.
- Al interior del del perímetro urbano del municipio se encontraron más individuos forestales de los registrados en el censo anterior del 2017 (183 individuos), esto debido en mayor medida a que no se contaba con un censo arbóreo del municipio y la información existente representaba la caracterización parcial de individuos dispersos, adicional a ello que se incluyeron áreas forestales protectoras, vías férreas y nuevas zonas verdes por incorporación de nuevos desarrollos urbanísticos.
- Del total de individuos arbóreos evaluados, se identificaron 44 familias entre 146 especies, siendo 52,3% de las especies entre el Ebanillo falso (*Geoffroea spinosa* Jacq.), Palma manila (*Adonidia merrillii* Becc.), Palma areca (*Dyopsis lutescens* (H. Wendl. Beentje & J. Dransf.), Samán (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Acacia rubiña (*Caesalpinia pluviosa* DC), en orden de mayor a menor. Esta concentración de especies establece una amenaza para el equilibrio ecológico del ecosistema de Bosque cálido seco en piedemonte aluvial, Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre y Bosque cálido seco en planicie aluvial, generando presión de selección en la adaptación de otras especies en periodos de tiempos muy cortos y forzando el desplazamiento en otras especies hacia zonas más enriquecidas y menor intervenidas.
- Se identifica la necesidad de aumentar la cantidad de individuos arbóreos para la cabecera urbana del municipio en alrededor de 5.500 individuos para alcanzar una relación de 3 habitantes por árbol, actualmente se establece en la categoría Regular con 6,5 habitantes por árbol. Los sectores con mayor oportunidad de mejora son los barrios condición Media y Regular debido a que presentan mayor de disponibilidad de espacios para la incorporación de individuos, contrario a lo que se presenta en los sectores en condición Baja o Muy Baja.
- El presente censo permitió la identificación de 490 árboles que están generando riesgo, ya sea por posible volcamiento o caída de ramas muertas y la identificación de 2.670 individuos que requieren intervención por estar en contacto con redes aéreas, denominado poda de control.
- De los 4.474 individuos vivos evaluados, 564 presentaban algún problema fitosanitario y/o entomológico, de los cuales 416 se encontraron afectados por enfermedades y 148 por insectos, estos valores son equivalentes al 9,3% y 3,3% respectivamente de la población. Lo que establece una necesidad de evaluar los individuos con mayor rigurosidad, dado que aunque la metodología aplicada es limitada, establece que la población de individuos con problemas fitosanitarios se subestima debido a la sintomatología concentrada en estructuras del tercio medio de los individuos. No se tiene comparación con el censo de 2017 ya que para aquel registro no se cuenta con dicha información.
- Basados en el decreto 1077 del 2015, se identifican 3.864 individuos en emplazamientos definidos para el decreto, correspondientes a 3,804 individuos vivos y 60 tocones o muertos. Dichos individuos entrarían a ser objeto de intervención por parte de las entidades prestadoras del servicio de aseo para el municipio.

11. RECOMENDACIONES

Priorizar la marcación de cada individuo arbóreo censado con un equipo integral que incluya al menos un ingeniero forestal y un profesional en SIG, aparte de los técnicos operativos para llevar a feliz término dicho proceso. Con dicha marcación se podrá hacer seguimiento de cada individuo y correlación los atributos con la información consolidada del censo.

Priorizar intervenciones silviculturales en individuos que presentan amenazas, son individuos en alto riesgo en el entorno urbano y pueden generar implicaciones a la población cercana. Tanto estas intervenciones como actividades de mantenimiento y adecuación de arbolado en general las desarrolle personal certificado en competencias laborales.

Reforzar las alianzas con la comunidad para lograr una mayor participación cuidada con el arbolado urbano, debido al interés de la comunidad y la importancia a este tema, además de la conciencia cultural asociado al enfriamiento del aire y que valoran las personas del municipio teniendo en cuenta las elevadas temperaturas que se presentan. Involucrar actores regionales en todos los niveles de participación (UMATAS, DAR, Alcaldía, comités de ornato, juntas de acción comunal, residentes y comunidad en general), se propone como estrategia para el seguimiento del arbolado urbano. Con ello se generarían alertas tempranas para identificación preventiva de amenazas, inadecuadas intervenciones y actividades de preservación. Sin embargo, se debe propiciar estos espacios de intercambio de conocimiento y participación ciudadana.

La realización de una evaluación visual presuntiva es un insumo valioso y novedoso para el municipio pero que representa limitaciones importantes para el diagnóstico de los individuos, debido al alcance visual de cada individuo para la identificación de síntomas y patógenos. Evaluaciones confirmativas requieren métodos destructivos, acompañados de evaluaciones en laboratorio para tener recomendaciones específicas, por lo tanto se recomienda realizar evaluaciones confirmativas de validación y priorizar la intervención en los individuos con mayor riesgo en las diferentes especies arbóreas con daños asociados, debido al potencial impacto negativo que pueden generar en el entorno urbano.

El aumento de la cantidad de individuos arbóreos para la cabecera urbana es una buena oportunidad para el aumento de biodiversidad y aumentar el protagonismo de las especies de los ecosistemas del Bosque cálido seco en piedemonte aluvial, Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre y Bosque cálido seco en planicie aluvial, propios del municipio. No obstante, esta estrategia debe ir acompañada del autorreconocimiento y la apropiación de las especies por parte de la ciudadanía, generando la multiplicación y siembra de materiales vegetales en viveros locales que garanticen la adaptación de las especies a los entornos intervenidos. De igual forma, durante las siembras brindar acompañamiento durante los primeros 3 años de establecimiento de los individuos, garantizando condiciones de nutrición, necesidades hídricas y luminosidad, antes de ser autosuficientes.

AGRADECIMIENTOS

Se resalta la participación del equipo de la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria - UMATA, perteneciente a la Alcaldía del municipio de Zarzal, ya que siempre estuvieron prestos para participar y colaborar en las actividades del censo, siendo su acompañamiento de vital importancia en el desarrollo del censo. En especial, agradecimientos al director el Ing. Rafael Andrés Jaramillo Ordoñez con quien se mantuvo el seguimiento permanente y el avance en campo sobre cada sector censado.



REFERENCIAS

- Agrios, G. (2005) Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 26-27,398-401.
- Alcaldía de Zarzal. (2018). Plan Municipal de Gestión del Riesgo Municipio de Zarzal-Valle. Disponible en: <http://www.zarzal-valle.gov.co/planes/plan-municipal-de-gestion-del-riesgo-municipio-de-zarzal>.
- Ali, M. A., Gyulai, G., Hidvegi, N., Kerti, B., Al Hemaïd, F. M., Pandey, A. K., & Lee, J. (2014). The changing epitome of species identification—DNA barcoding. *Saudi journal of biological sciences*, 21(3), 204-231.
- Angel, A. N., & Lopez Serrano, F. A. (2018). Recomendaciones para el manejo de cítricos y frutales de carozo a nivel familiar.
- Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and urban planning*, 162, 167-177.
- Boa, E. (2008). Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles. Reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. San Salvador: FAO.
- Caballero, A.; Ramos, A.; Y Kondo, T. (2017). Scale insects (Hemiptera: Coccoomorpha) on sugarcane in Colombia, with description of a new species of *Tillancoccus* Ben-Dov (Coccidae). *Zootaxa*, 4258(5), 490-500.
- Calderón, N.; Quesada, M.; Y Escalera, L. (2011). Insects as stem engineers: interactions mediated by the twig-girdler *Oncideres albomarginata* chamela enhance arthropod diversity. *PLoS One*, 6(4), e19083.
- Cheng, S., McBride, J.R. & Fukunari, K. (2000). The urban forest of Tokyo. *Arboricultural Journal* 23(4), 379-392.
- Cibrián, T. D. (2013). Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. 229 p. ISBN: 978-607-12-0311-3.
- CVC-Univalle. (2021). elaboración de los estudios de zonificación de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación por remoción en masa e inundación, esta vez para las áreas urbanas de Obando, Zarzal, Toro y El Dovio. Disponible en: <https://comunicacionshuma.wixsite.com/humacomunicaunivalle/single-post/2019/02/28/convenio-cvc-y-osso>.
- Concejo de Santiago de Cali. (2013). Acuerdo 0353. Por medio de la cual se adopta el estatuto de silvicultura urbana para el municipio de Santiago de Cali y se dictan otras disposiciones. Disponible en: https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/105406/estatuto_arboreo_de_santiago_de_cali/
- DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV – 2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá. Disponible en: https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/643/get_microdata

- García Sierra, J.H., Ruiz Penagos, D., Ospina Medina, N.E., & Echeverry Duque, M. A. 2010. Manual de Silvicultura Urbana de Pereira. Alcaldía de Pereira - Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 172 p.
- GeoCVC. (2021). Visor Geográfico Avanzado. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Disponible en: https://geo.cvc.gov.co/visor_avanzado/
- Grazia, J., Panizzi, A. R., Greve, C., Schwertner, C. F., Campos, L. A., Garbelotto, T. D. A., Y Fernandes, J. A. M. (2015). *Stink bugs* (Pentatomidae). In True bugs (Heteroptera) of the Neotropics (pp. 681-756). Springer, Dordrecht.
- Heidari, M. (2016). Influence of host-plant physical defences on the searching behaviour and efficacy of two coccinellid predators of the obscure mealybug, *Pseudococcus viburni* (Signoret). *Entomologica*, 33, 397-402.
- Herrera, L., & Baldión, L. (2021). Factores asociados a la incidencia de insectos dañinos en árboles urbanos, con énfasis en la especie *Schinus areira* L. en la ciudad de Bogotá D.C. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/26460>
- Jardín Botánico Universidad Tecnológica de Pereira. (2015). Informe final, inventario del arbolado urbano del municipio de Zarzal, Valle del Cauca. Contrato Interadministrativo No 12-111 de 2015 entre Municipio de Zarzal y la Universidad Tecnológica de Pereira.
- Kirk, H., Garrard, G. E., Croeser, T., Backstrom, A., Berthon, K., Furlong, C., ... & Bekessy, S. A. (2021). Building biodiversity into the urban fabric: A case study in applying Biodiversity Sensitive Urban Design (BSUD). *Urban Forestry & Urban Greening*, 62, 127176.
- Kondo, T. y Unruh, C. M. (2009). A new species of *Crypticerya Cockerell* (Hemiptera: Monophlebidae) from Colombia, with a key to species of the tribe Iceryini found in South America. *Neotropical Entomology*, 38(1), 92-100.
- Konijnendijk, C., Nilsson, K., Randrup, T.B., Schipperijn, J. (2005). Chapter 4: Benefits and uses of urban forests and trees. In: Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B., Schipperijn, J. (Eds.), *Urban Forests and Trees*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 81-114.
- Kuchelmeister, G. y Braatz, S. (1993). Una nueva visión de la silvicultura. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*. Vol. 44. FAO. ISSN 0251-1584. Disponible en: <https://www.fao.org/3/u9300S/u9300s03.htm>
- Lambert, M. R., & Donihue, C. M. (2020). Urban biodiversity management using evolutionary tools. *Nature Ecology & Evolution*, 4(7), 903-910.
- Larinde, S., & Oladele, A. T. (2014). Edible Fruit Trees Diversity in a Peri-Urban Centre: Implications for Food Security and Urban Greening. *J. Environ. Ecol*, 5, 234-248.
- Loughner, C. P., Allen, D. J., Zhang, D. L., Pickering, K. E., Dickerson, R. R., & Landry, L. (2012). Roles of urban tree canopy and buildings in urban heat island effects: Parameterization and preliminary results. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(10), 1775-1793.
- Martínez, Nubilde (2010). Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y salud*, 8(1),73-82. ISSN: 1690-3293. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3757/375740246010>
- Nowak, D. J. (2002). The effects of urban trees on air quality. *USDA Forest Service*, 96-102.
- Ramos, A. y Patino, O. (2002). Manejo integrado comunitario de la hormiga arriera. *Boletín Técnico*. ISSN 958-9066-63-1. Publicación ICA. Popayán. 20 p.

- Ramos, A., & Patiño, A. (2002) Manejo integrado comunitario de la Hormiga arriera. ICA Sección Cauca. PRONATA Occidente. Popayán. ISBN: 958-9066-63-1
- Redacción El Tiempo. (2007). Bogotá tiene un árbol por cada siete habitantes; la regla internacional es uno por cada tres. El Tiempo. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3833721>
- Robbins, K., Johnson, D. W., Hawksworth, F. G., & Nicholls, T. H. (1989). Aerial application of ethephon is ineffective in controlling lodgepole pine dwarf mistletoe. *Western Journal of Applied Forestry*, 4(1), 27-28.
- Sharma, L., Gonçalves, F., Oliveira, I.; Torres, L., y Marques, G. (2018). Insect-associated fungi from naturally mycosed vine mealybug *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocontrol Science and Technology*, 28(2), 122-141.
- Sorensen, M., Barzetti, Y., Keipi, K y Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas. División de Medio Ambiente del Departamento de Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C. ENV – 109. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manejo-de-las-areas-verdes-urbanas.pdf>
- 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
- Vijayan, K., & Tsou, C. H. (2010). DNA barcoding in plants: taxonomy in a new perspective. *Current science*, 1530-1541.
- Wolf, K. L. (2008). City trees, nature and physical activity: A research review. *Arborist News*, 17(1), 22-24.
- Zumbado, M. A., & Azofeifa, D. (2018). Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.