

2021

INFORME ACTUALIZACIÓN
CENSO ARBÓREO
CABECERA MUNICIPAL

G. DE BUGA

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 GUADALAJARA DE BUGA - 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 buga.pdf	REFERENCIA Versión 1	HOJA 1
---------------	------------------	-------------------------------------	-------------------------	-----------

EQUIPO DE TRABAJO

Kimmel Chamat
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

Jonathan Serna - Supervisor de campo

Ray Martínez - Profesional apoyo SIG

Cristian Rico - Profesional apoyo SIG

Ricardo Salazar - Profesional de campo

Angelica Osorio - Profesional de campo

Luz Karime Henao - Auxiliar de campo

Francis Velasco - 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

John Alexander Cerón
Profesional DAR centro sur



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 cuenca 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	18
<i>Georreferenciación de cada individuo</i>	20
<i>Evaluación de sanidad (fitosanitaria y entomológica)</i>	23
5.2 POSTPROCESAMIENTO	24
<i>Código único identificador del individuo en el Valle del Cauca</i>	24
5.3 VALIDACIÓN Y REVISIÓN	25
<i>Etapa de validación y análisis de la información</i>	25
<i>Verificación en campo</i>	27
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ACTUALIZACIÓN	30
6.1 TAXONOMÍA	31
<i>Composición florística</i>	31
<i>Etapa de desarrollo</i>	38
6.2 ANÁLISIS ESPACIAL	40
<i>Distribución espacial de individuos censados</i>	40
6.3 INDICADORES DE DENSIDAD ARBÓREA	41
<i>Indicador árboles por hectárea</i>	41
<i>Indicador árboles por metro cuadrado (vías principales) Arbolado en vías principales</i>	42
<i>Indicador habitantes por árbol (cabecera municipal)</i>	43
<i>Indicador habitantes por árbol (comuna)</i>	44
<i>Indicador habitantes por árbol (barrio)</i>	46
6.4 ESTADO FITOSANITARIO PRESUNTIVO	49
<i>Grado de estrés</i>	49
<i>Incidencia y severidad de patógenos</i>	51
<i>Patógenos reportados</i>	53
<i>Especies arbóreas más afectadas por enfermedades</i>	55
<i>Síntomas de enfermedades</i>	56
<i>Localización de síntomas de enfermedades a nivel de raíz, tallo y follaje</i>	58
<i>Vigorosidad</i>	60

6.5	ESTADO ENTOMOLÓGICO PRESUNTIVO	61
	<i>Insectos plaga.....</i>	<i>62</i>
	<i>Estructuras afectadas.....</i>	<i>64</i>
	<i>Daños asociados.....</i>	<i>65</i>
	<i>Moluscos plaga.....</i>	<i>70</i>
7.	LINEAMIENTOS DE MANEJO SILVICULTURAL	72
	<i>Intervención silvicultural.....</i>	<i>72</i>
	<i>Individuos muertos y tocones.....</i>	<i>77</i>
	<i>Prevención fitosanitaria.....</i>	<i>78</i>
	<i>Prevención entomológica.....</i>	<i>83</i>
8.	ATRIBUTOS HOMOLOGADOS	89
9.	RESULTADOS REVISIÓN DE CAMPO	90
10.	CONCLUSIONES.....	92
11.	RECOMENDACIONES	94
	AGRADECIMIENTOS	95
	REFERENCIAS	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Atributos del censo definidos para cada individuo.	14
Tabla 2. Listado total de especies encontradas en el actualización del censo arbóreo.	31
Tabla 3. Etapa de desarrollo en el municipio.....	38
Tabla 4. Indicador habitantes por árbol en algunas caberas municipales.....	44
Tabla 5. Cantidad de individuos por grado de estrés.	50
Tabla 6. Cantidad de individuos según la vigorosidad.....	60
Tabla 7. Primeras 10 especies arbóreas con vigorosidad mala.....	61
Tabla 8. Número de individuos según el tipo de daños asociados.	65
Tabla 9. Distribución de tipos de daños según el tipo de especie.	69
Tabla 10. Intervenciones recomendadas por número de individuos.....	73
Tabla 11. Porcentaje de individuos muertos y tocones.....	77
Tabla 12. Atributos homologados del censo anterior.....	89
Tabla 13. Versiones de ajuste y entrega.	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de trabajo para el municipio de Guadalajara de Buga.....	17
Figura 2. Proceso de revisión y validación de información.	18
Figura 3. Captura de punto de control.	21
Figura 4. Flujograma del procesamiento de imágenes de dron.	22
Figura 5. Ortomosaico de la cabecera municipal.....	23
Figura 6. Diseño de placa recomendada para la identificación de especies en campo.	25
Figura 7. Verificación georreferenciación.	27
Figura 8. Individuos verificados en campo.	28
Figura 9. Familias representativas de la cabecera municipal.	38
Figura 10. Distribución espacial de la cobertura arbórea en el municipio por Comunas.	40
Figura 11. Indicador árboles por hectárea.....	42
Figura 12. Indicador árboles por hectárea en vías principales.....	43
Figura 13. Indicador de habitantes por árbol por comuna.	46
Figura 14. Indicador de habitantes por árbol por barrio.	47
Figura 15. Numero de barrios por categoría del indicador habitantes por árbol.	48
Figura 16. Severidad de individuos enfermos.	51
Figura 17. Especies con mayor número de individuos reportados en todos los grados de severidad de enfermedad.....	52
Figura 18. Patógenos asociados al arbolado urbano.	54
Figura 19. Especies arbóreas con más individuos enfermos.....	56
Figura 20. Síntomas asociados a enfermedades en individuos censados.....	57
Figura 21. Especies arbóreas con síntomas de defoliación, clorosis, chancros, anomalías en follaje, pudrición/tizón/necrosis, otros, muerte de ramas/foliar y exudados.	58
Figura 22. Localización de síntomas de enfermedades en árboles	59
Figura 23. Especies arbóreas con mayor número de individuos asociados a síntomas localizados a nivel del tallo, follaje y frutos.....	59
Figura 24. Ausencia y presencia de insectos en individuos arbóreos.....	63
Figura 25. Nivel de población de insectos plaga por cantidad de individuos presentes.....	63
Figura 26. Estructuras vegetales afectadas.	65
Figura 27. Zonas identificadas con presencia de molusco plaga (Caracol africano).....	71
Figura 28. Distribución espacial de individuos muertos y tocones.....	78
Figura 29. Resultados revisión de campo.	90

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Levantamiento de información en campo.....	20
Fotografía 2. Verificación de individuos en campo.	29
Fotografía 3. Contacto con la comunidad y funcionarios de entidades públicas.....	30
Fotografía 4. Panorama entorno individuos ausentes.	39
Fotografía 5. Registros fotográficos asociadas a Hongos encontrados en individuos arbóreos.....	55
Fotografía 6. Daños identificados en campo por defoliación (superior) y clorosis (inferior).	66
Fotografía 7. Insectos del orden Himenóptera (hormiga arriera) y defoliaciones asociadas identificados en campo.....	67
Fotografía 8. Insectos del orden Hemíptera identificados en campo (chinchas, escamas y piojos)....	68
Fotografía 9. Insecto del orden Coleóptero y perforaciones asociadas identificados en campo.	69
Fotografía 10. Daños asociados a Orden Coleóptera.	85
Fotografía 11. Algunos daños e insectos asociados al Orden Himenóptera.....	86
Fotografía 12. Algunos daños e insectos asociados al Orden Hemíptera.	87
Fotografía 13. Revisión de la información en campo.....	90

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

La actualización del censo arbóreo de la cabecera urbana del municipio de Guadalajara de Buga 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).

La actualización del censo está destinado a orientar los procesos de gestión del espacio público natural y el arbolado urbano en el municipio de Guadalajara de Buga. 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 esta actualización 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 Guadalajara de Buga.

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.

Esta actualización 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 de la actualización 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 de la actualización del censo arbóreo, incluyendo taxonomía, análisis espacial, indicadores de densidad, 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 esta actualización 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 actualización del arbolado urbano de la cabecera municipal del municipio de Guadalajara de Buga 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.

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 de la actualización del censo arbóreo trabajaron 22 de los 49 atributos definidos por cada individuo (resaltados en la Tabla 1), 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.

	Atributo	Valor	Tipo	
ID	ID		Alfanumérico	
	Ubicación	Longitud		Decimal
		Latitud		Decimal
		Comuna		Texto
	Barrio		Texto	
Taxonomía	Tipo	<ul style="list-style-type: none"> - Árbol - Arbusto - Palma - Otro 	Texto	
	Código sp		Alfanumérico	
	Nombre común		Texto	
	Nombre científico		Texto	
	Familia		Texto	
	Etapa de desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> - Juvenil - Adulto - Adulto senescente - Senescente (muerto) - Tocón 	Texto	
	Condición	<ul style="list-style-type: none"> - Introducida - Exótica - Nativa 	Texto	
	Caducifolio	<ul style="list-style-type: none"> - No - Si 	Texto	
Dasometría	CAP 1		Entero	
	CAP 2			
	CAP 3			
	Área (solo gramíneas)			
	Fuste	<ul style="list-style-type: none"> - Fuste principal - Bifurcación - Polifurcación 		
	Altura total			
	Diámetro de copa		Decimal	
	Grado de inclinación			
	Inclinación	<ul style="list-style-type: none"> - Anden - Edificaciones - Redes aéreas - Vía - Ninguna 	Texto	
	Emplazamiento	Emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Anden - Borde de cauce artificial - Borde de cauce natural - Escenario deportivo - Escenario cultural - Glorieta o asimilable - Oreja de puente o asimilable - Parque, plaza o plazoleta - Separador vial - Vía férrea - Vía peatonal - Otro 	Texto
Confinamiento			<ul style="list-style-type: none"> - No - Si 	Texto
Vigorosidad			<ul style="list-style-type: none"> - Bueno - Regular - Malo 	Texto
Grado de estrés			<ul style="list-style-type: none"> - Alto - Medio - Bajo - Ningún 	Texto
Incidencia			<ul style="list-style-type: none"> - Enfermo - Sano 	Texto
Estado fitosanitario		Severidad del árbol	<ul style="list-style-type: none"> - <20 - 21 - 40 - 41 - 60 - 61 - 80 - > 80 	Texto
		Localización de la patología	<ul style="list-style-type: none"> - Flores - Follaje - Fruto - Tallo - Raíces 	Texto
		Posibles patógenos	<ul style="list-style-type: none"> - Bacterias - Hongos - Macromicetos - Plantas parásitas - Virus - Otro - Ninguno 	Texto

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

	Atributo	Valor	Tipo		Atributo	Valor	Tipo				
Estado fitosanitario	- Síntomas	- Anomalías en follaje - Chancros - Clorosis - Defoliación - Exudados - Muerte de ramas/ foliar - Pudrición/Tizones/Necrosis - Otros	Texto	Condición general	- Revisión física	- Anillamiento - Daños mecánicos - Evidencia de endoterapia - Poda mal hecha - Presencia de parasita - Sobre carga de epifitas - Ninguna	Texto				
		Estado entomológico	- Insectos plaga			- Ausencia - Presencia	Texto	- Amenazas	- Volcamiento	Texto	
- Nivel de población (individuos)	- <= 10 - 11 - 50 - 51 - 100 - > 100		Texto		- Caída de frutos	Texto					
- Porcentaje de infestación del árbol	- ≤20 - 21 - 40 - 41 - 60 - 61 -80 - > 80		Texto		- Caída de ramas	Texto					
- Estructura infestada	- Flores - Follaje - Fruto - Tallo - Raíces		- Raíces		Texto	- Raíces	Texto				
						- Ninguno	Texto				
- Daños asociados	- Defoliación - Clorosis - Perforaciones - Galerías - Minas en hojas - Entorchamientos - Perforación de frutos - Otro	- Diftera - Lepidóptera - Himenóptera - Coleóptera - Ortóptera - Hemiptera	Texto		- Energizado	- No - Si	Texto				
					- Grupos taxonómicos	- Diftera - Lepidóptera - Himenóptera - Coleóptera - Ortóptera - Hemiptera	- Embleático (sobresaliente) - Normal	- Hito	- CR (En peligro crítico) - EN (En peligro) - VU (Vulnerable)	- Peligro de extinción	- 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 de la actualización 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 2017 (Lerma et al., 2017), 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 Plan de Ordenamiento Territorial - POT (Concejo de Guadalajara de Buga, Acuerdo 068 de 2000), 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 1.259,8 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.

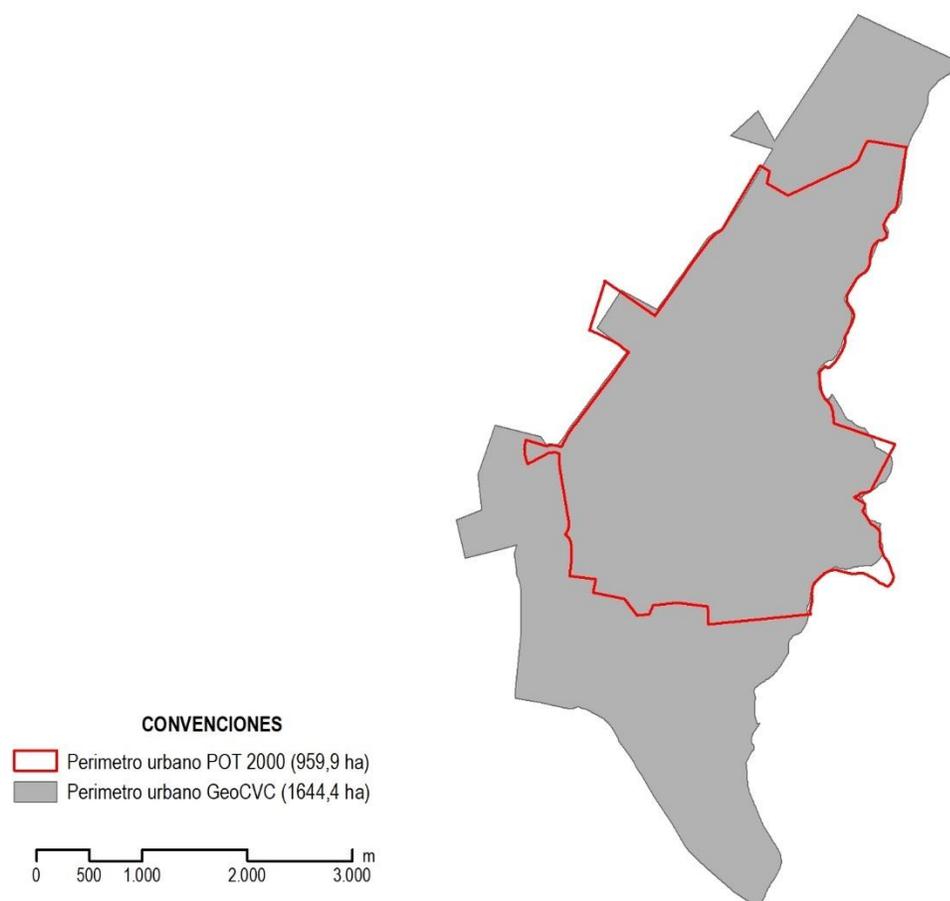


Figura 1. Área de trabajo para el municipio de Guadalajara de Buga.

Fuente: Adaptado de GeoCVC (2021) y Acuerdo 068 de 2000 del Concejo de Guadalajara de Buga.

Dentro de las gestiones realizadas se solicitó acompañamiento a diferentes entidades competentes debido a situaciones de orden público, desarrolladas así:

- Alcaldía municipal: ingreso al bosque ribereño ubicado en ambos márgenes del río Guadalajara, los días 13, 14 y 15 de julio de 2021.
- Policía Nacional: ingreso al sector conocido como la Carrilera el día 16 de julio de 2021.
- Guardabosques CVC: ingreso al bosque ribereño ubicado en ambos márgenes del río Guadalajara los días 3, 4 y 5 de agosto de 2021.
- Presidente de la Junta de Acción Comunal del barrio Altobonito: 7 de agosto de 2021 acompañamiento en el sector.

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:

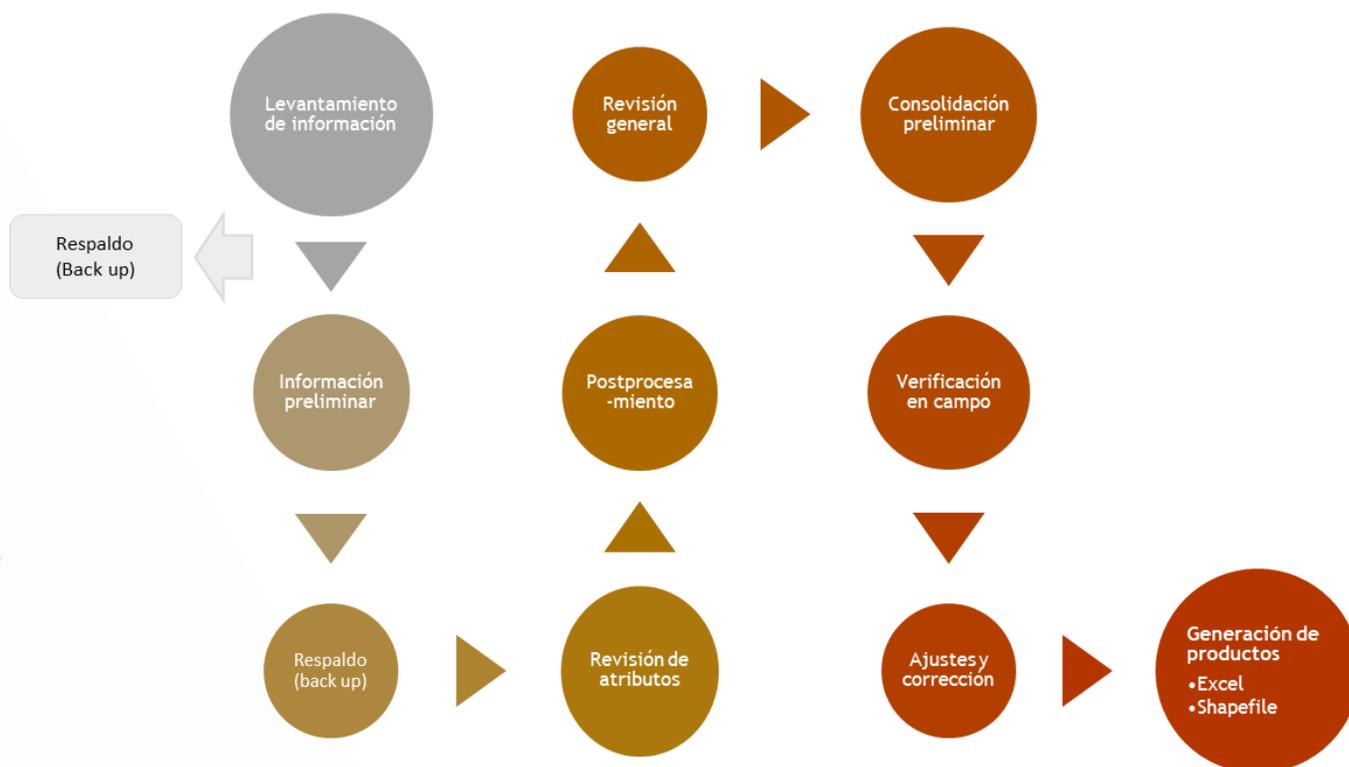


Figura 2. Proceso de revisión y validación de información.

Fuente: Elaboración propia.

5.1 ETAPA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Para la recolección de información se generaron dos 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 esta actualización 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 (terrace 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.

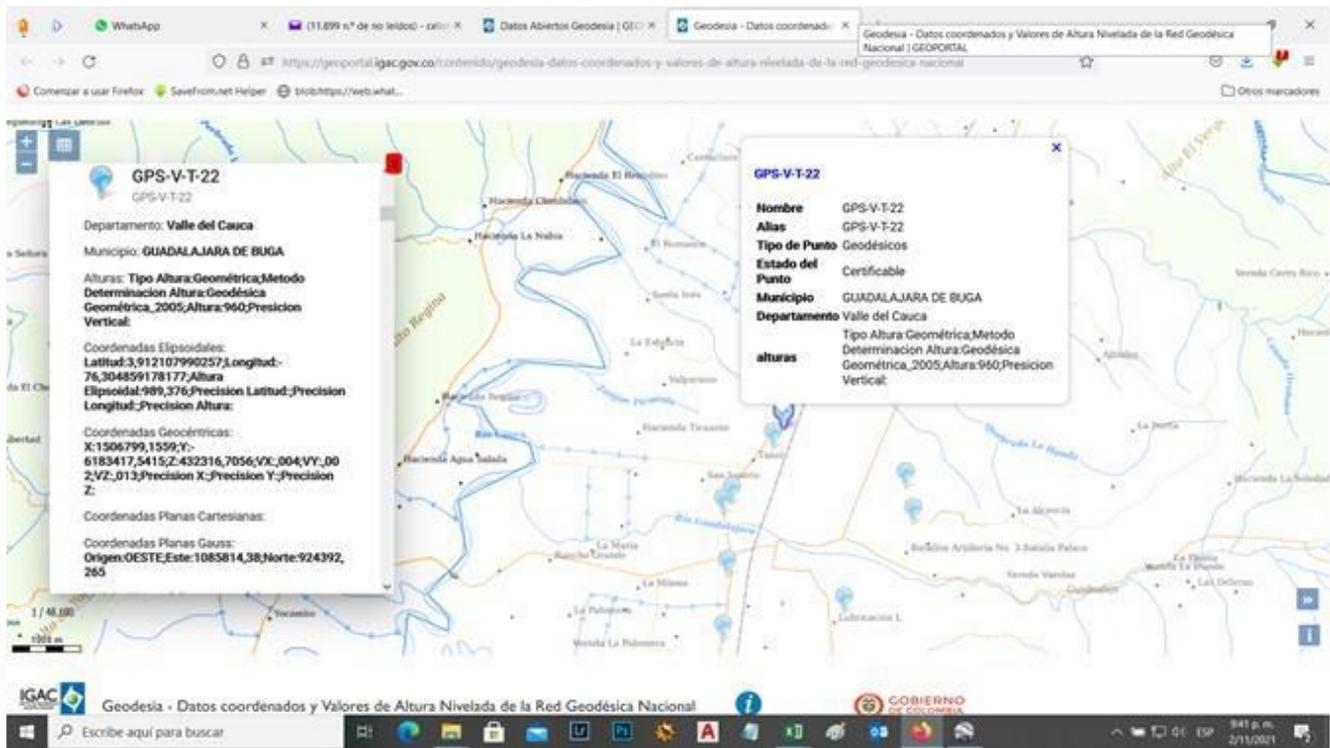


Figura 3. Captura de punto de control.
 Fuente: Elaboración propia.

En total para el municipio se generaron 2.059 imágenes aéreas y 40 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 flujoograma.

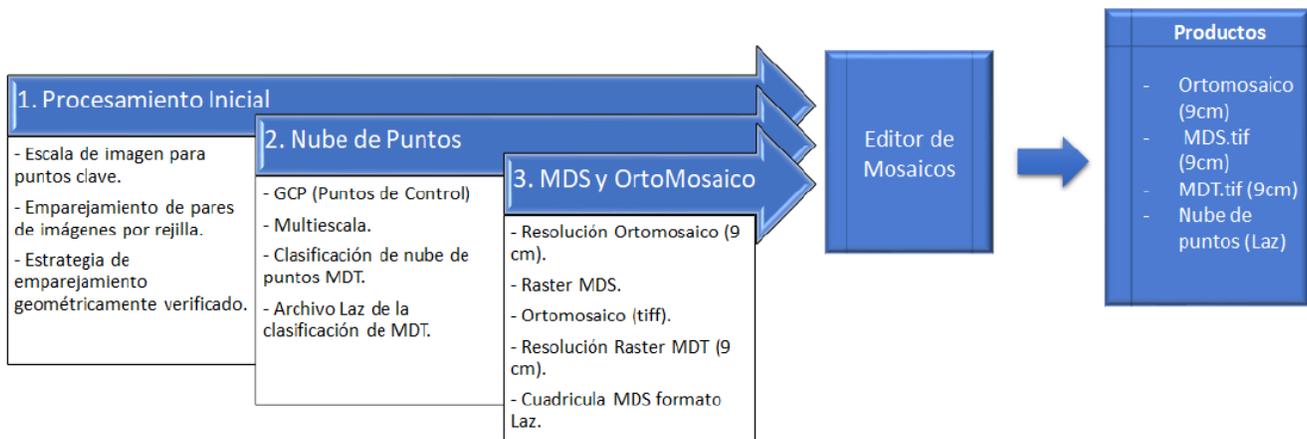


Figura 4. Flujograma del procesamiento de imágenes de dron.

Fuente: Elaboración propia

El ortomosaico generado presenta una distancia de muestreo en terreno (GSD) de 6,70 cm, obtenido a partir del procesamiento de las imágenes con una media de 5.303 puntos claves por imagen y un error medio cuadrático de 0,092 m de los puntos de control terrestre.

Los puntos de control fueron localizados con un RMSE (x) de 0,046 m, RMSE (y) de 0,037 m y RMSE (z) de 0,200 m, El error de proyección de los puntos en términos de píxel se encontró en un rango de 0,039 hasta 0,240, 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 9,62 puntos/m³, lo que permitió generar el ortomosaico y el modelo digital de superficie (MDS) con resolución espacial de 8 cm/píxel y un modelo digital del terreno (MDT) con resolución espacial de 10 cm/píxel (Figura 5).

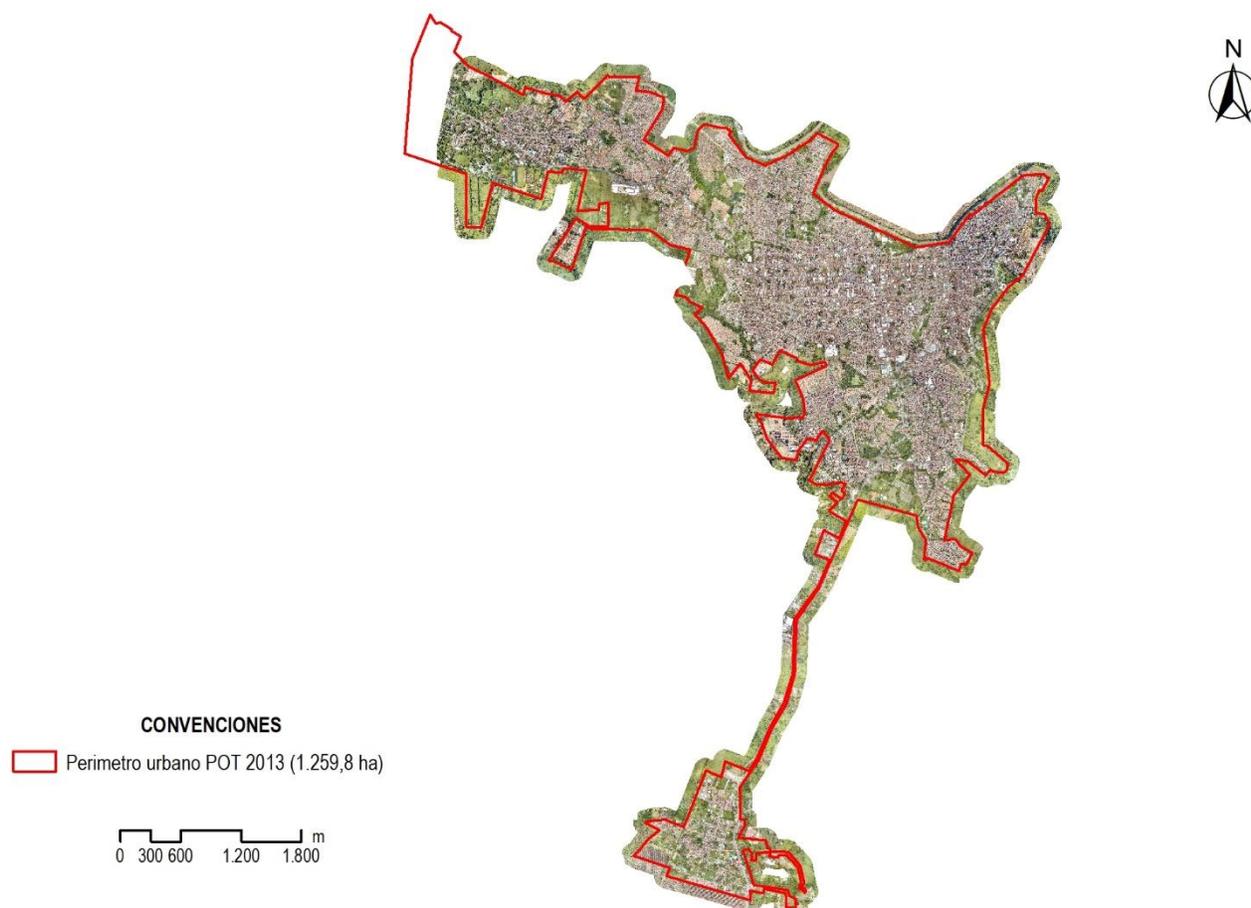


Figura 5. Ortomosaico de la cabecera municipal.

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 desarrolla el proceso de generación del código único identificador de cada individuo.

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-EI 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 6, 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 6. 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 2):

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:** desde la localización brindada por el receptor GPS y con el soporte del ortomosaico del municipio, se verifico las coordenadas de los individuos censados 2017 (Lerma et al., 2017). 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, dando como resultado el producto de la Figura 7. Este proceso se realizó con apoyo de un profesional en Sistemas de Información Geográfica (SIG).



CONVENCIONES
 ● Georreferenciación existente

0 2,5 5 10 15 m



Figura 7. 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 96 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 8).

CONVENCIONES
 ★ Individuo verificado en campo (Total:96)

0 200 400 800 1.200 m

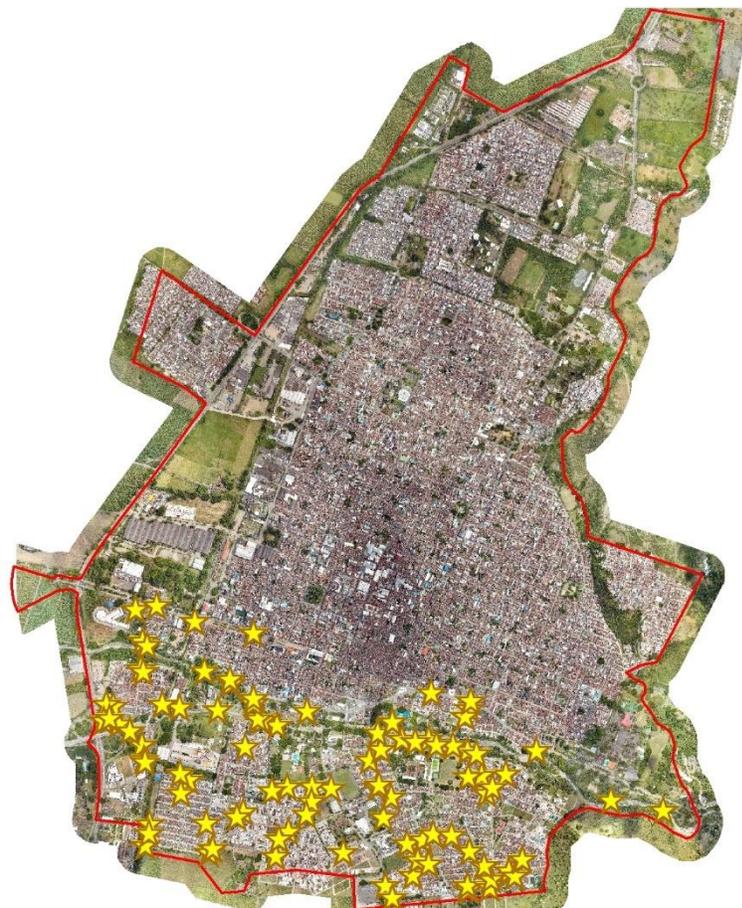


Figura 8. Individuos verificados en campo.
 Fuente: Elaboración propia.

La revisión fue liderada por los profesionales de la Dirección Técnica Ambiental de la CVC y tuvo en consideración el correcto diligenciamiento de la información sanitaria en concordancia con los individuos en espacio público. 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.



Entrega en campo
#Actualización censo forestal - Buga



Entrega en campo
#Actualización censo forestal - Buga



Entrega en campo
#Actualización censo forestal - Buga

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

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ACTUALIZACIÓN

Durante el período comprendido entre el 1 de julio al 15 de agosto de 2021, se actualizaron un total de 18.828 individuos en la cabecera municipal, de los cuales 771 corresponden a tocones y muertos. Esta cantidad corresponde a la totalidad de individuos identificados en el perímetro urbano, siendo inferior en 679 registros reportados en la base del censo de 2017 (Lerma, et al., 2008). En este capítulo se presenta un análisis detallado de cada uno de los atributos de la actualización.

Durante todo el recorrido del censo presidentes de las JAC, funcionarios de entidades públicas y comunidad en general manifestaron sus inquietudes por las actividades desarrolladas en el marco del proyecto, manifestando diversos tipos de solicitudes dentro de las más comunes se encontraron: árboles de gran porte que están generando agrietamiento en pisos, levantamiento de asfalto y podas inadecuadas que generan inestabilidad en los individuos arbóreos (Fotografía 3).



Fotografía 3. Contacto con la comunidad y funcionarios de entidades públicas.

Fuente: Elaboración propia.

6.1 TAXONOMÍA

Composición florística

En la cabecera se identificaron 220 especies y 61 familias dispersos en toda el área urbana de Guadalajara de Buga, equivalente a 18.696 individuos vivos, excluyendo individuos ausentes al momento de la revisión (1.361 individuos) y tocones y muertos (771 registros). Entre las especies que se destacaron por presentar mayor número de individuos y abundancia relativa fueron: Ébano falso *Geoffroea spinosa* Jacq. con 3.199 individuos (19,19%), seguida de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit con 1.217 individuos (7,29%), Palma areca *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf con 1.097 individuos (6,57%), Chiminango *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. con 873 individuos (5,23%) y Palma navidad *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. con (5,16%). En la Tabla 2 se reporta la composición florística de las especies arbóreas del municipio identificado en el 2017. Sin embargo, por condiciones de la actualización no se realizó el proceso de estandarización y unificación de especies con la base de especies a nivel departamental, por ello se presenta disparidad en los nombres, acentuaciones o clasificación taxonómica desactualizada (Leguminosae = Fabaceae).

Tabla 2. Listado total de especies encontradas en el actualización del censo arbóreo.

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Ebano	Leguminosae	3.204	19,19%
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Leguminosae	1.217	7,29%
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	Palma areca	Arecaceae	1.097	6,57%
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Chiminango	Leguminosae	873	5,23%
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	Palma navidad	Arecaceae	861	5,16%
<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC	Acacia rubiña, Acacia amarilla, sibiparuna	Leguminosae	539	3,23%
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	Saman	Leguminosae	431	2,58%
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Pino libro	Cupressaceae	412	2,47%
<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro	Combretaceae	393	2,35%
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	Palma botella	Arecaceae	387	2,32%
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guacimo	Malvaceae	356	2,13%
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Guayacan rosado	Bignoniaceae	285	1,71%
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Anacardiaceae	266	1,59%
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	Guayacan amarillo	Bignoniaceae	245	1,47%
<i>Annona muricata</i> L.	Guanabano	Annonaceae	235	1,41%
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	Vainillo	Leguminosae	225	1,35%
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamoncillo	Sapindaceae	218	1,31%
<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck	Limon	Rutaceae	215	1,29%
<i>Achatocarpus nigricans</i> Triana	Totocal	Achatocarpaceae	197	1,18%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Veranera	Nyctaginaceae	197	1,18%
<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Swinglea	Rutaceae	190	1,14%
<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Arbol de la felicidad	Asparagaceae	177	1,06%
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipan	Bignoniaceae	153	0,92%
<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus	Moraceae	145	0,87%
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Clavellino	Leguminosae	129	0,77%
<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Igua	Leguminosae	124	0,74%
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	San Joaquin	Malvaceae	121	0,72%
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Acacia roja	Leguminosae	113	0,68%
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	112	0,67%
<i>Wodyetia bifurcata</i> A.K.Irvine	Palma cola de zorro	Arecaceae	110	0,66%
<i>Muntingia calabura</i> L.	Chitato	Muntingiaceae	104	0,62%
<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.	Palma sancona	Arecaceae	102	0,61%
<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	Cojon de cabrito	Apocynaceae	102	0,61%
<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Gualanday	Bignoniaceae	98	0,59%
<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco	Araucaria	Araucariaceae	90	0,54%
<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	Palma robelini	Arecaceae	90	0,54%
<i>Bulnesia arborea</i> (Jacq.) Engl.	Guayacan carrapo	Zygophyllaceae	84	0,50%
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Mirto	Rutaceae	84	0,50%
<i>Nerium oleander</i> L.	Azuceno	Apocynaceae	76	0,46%
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo	Myrtaceae	75	0,45%
<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de coco	Arecaceae	74	0,44%
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Chambimbe	Sapindaceae	70	0,42%
<i>Pachira speciosa</i> Triana & Planch.	Castaño o Cacao de monte	Malvaceae	69	0,41%
<i>Cananga odorata</i> (Lam.) Hook. f. & Thomson	Cadmia	Leguminosae	61	0,37%
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Pino vela	Cupressaceae	61	0,37%
<i>Plumeria alba</i> L.	Amancayo	Apocynaceae	61	0,37%
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Piñonero	Leguminosae	60	0,36%
<i>Cassia fistula</i> L.	Lluvia de oro	Leguminosae	52	0,31%
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	Malvaceae	52	0,31%
<i>Inga edulis</i> Mart.	Guamo	Leguminosae	50	0,30%
<i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	Rutaceae	49	0,29%
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	Acacia amarilla	Leguminosae	46	0,28%
<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms	Cheflera	Araliaceae	42	0,25%
<i>Duranta erecta</i> L.	Duranta	Verbenaceae	39	0,23%
<i>Yucca aloifolia</i> L.	Palma yuca	Asparagaceae	39	0,23%
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Nogal cafetero	Cordiaceae	38	0,23%
<i>Crescentia cujete</i> L.	Totumo	Bignoniaceae	38	0,23%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Plumeria pudica</i> Jacq	Ramo de Novia	Apocynaceae	35	0,21%
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro rosado	Meliaceae	34	0,20%
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Guadua	Poaceae	34	0,20%
<i>Gardenia jasminoides</i> J.Ellis	Gardenia	Rubiaceae	32	0,19%
<i>Megasekasma erythrochlamys</i> Lindau	Capote rojo brasil	Acanthaceae	32	0,19%
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	Rubiaceae	31	0,19%
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Matarraton	Leguminosae	30	0,18%
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Cedro macho	Meliaceae	30	0,18%
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Friega platos	Solanaceae	30	0,18%
<i>Brunfelsia uniflora</i> (Pohl) D. Don	Francesina	Solanaceae	29	0,17%
<i>Bauhinia variegata</i> L.	Casco buey	Leguminosae	27	0,16%
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Palma funebre	Cycadaceae	27	0,16%
<i>Ficus variegata</i> Blume	Ficus variegado	Moraceae	27	0,16%
<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Urapan	Oleaceae	27	0,16%
<i>Brownea ariza</i> Benth.	Arbol de la cruz	Leguminosae	24	0,14%
<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Martin galvis	Leguminosae	24	0,14%
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	Caricaceae	23	0,14%
<i>Erythroxylum coca</i> Lam	Coca	Erythroxylaceae	23	0,14%
<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	Caucho	Moraceae	23	0,14%
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarino	Rutaceae	22	0,13%
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Palma africana	Arecaceae	22	0,13%
<i>Senna polyphylla</i> (Jacq.) H.S. Irwin & Barneby	Hawaii	Leguminosae	22	0,13%
<i>Mussaenda erythrophylla</i> Schumach. & Thonn.	Musaenda	Rubiaceae	21	0,13%
<i>Triplaris americana</i> L.	Vara santa	Polygonaceae	21	0,13%
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Neem	Meliaceae	20	0,12%
<i>Bauhinia purpurea</i> L.	Casco buey (purpura)	Leguminosae	20	0,12%
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Myrtaceae	19	0,11%
<i>Malpighia glabra</i> L.	Arrayan cerezo	Malpighiaceae	19	0,11%
<i>Melia azedarach</i> L.	Paraiso	Meliaceae	19	0,11%
<i>Vernicia fordii</i> (Hemsl.) Airy Shaw	Tung asiatico	Euphorbiaceae	19	0,11%
<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> var. <i>papaya</i>	Papayuelo	Euphorbiaceae	18	0,11%
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cipres	Cupressaceae	18	0,11%
<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	Flor de reina	Lythraceae	18	0,11%
<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palma abanico	Arecaceae	18	0,11%
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Trupillo	Leguminosae	18	0,11%
<i>Calliandra carbonaria</i> Benth.	Carbonero rojo	Leguminosae	17	0,10%
<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	Ficus nitida	Moraceae	17	0,10%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Polyscias fruticosa</i> (L.) Harms	Millonaria, Elegantisima	Araliaceae	17	0,10%
<i>Pritchardia pacifica</i> Seem. & H. Wendl.	Palma abanico	Arecaceae	17	0,10%
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Aceituno, Amargo	Simaroubaceae	17	0,10%
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	Jazmin de noche	Solanaceae	16	0,10%
<i>Codiaeum variegatum</i> (L.) Rumph. ex A. Juss.	Croton	Euphorbiaceae	16	0,10%
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Palma de azucar	Arecaceae	16	0,10%
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Zurrumbo	Cannabaceae	16	0,10%
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels	Caracoli	Anacardiaceae	15	0,09%
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Vara blanca	Salicaceae	15	0,09%
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Pisamo	Leguminosae	15	0,09%
<i>Ficus involuta</i> , <i>Ficus obtusifolia</i> Kunth.	Matapalo	Moraceae	15	0,09%
<i>Guaiacum officinale</i> L.	Guayaco	Zygophyllaceae	15	0,09%
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	Myrtaceae	14	0,08%
<i>Geoffroea spinosa</i>	Ebano	Fabaceae	13	0,08%
<i>Hura crepitans</i> L.	Ceiba de agua	Euphorbiaceae	13	0,08%
<i>Pinus patula</i> Schlttdl. & Cham.	Pino lloron	Pinaceae	13	0,08%
<i>Thespesia populnea</i> (L.) Sol. ex Corrêa	Clemon	Malvaceae	13	0,08%
<i>Artocarpus communis</i> J.R. Forst. & G. Forst	Arbol del pan	Moraceae	12	0,07%
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	Calistemo	Myrtaceae	12	0,07%
<i>Bismarckia nobilis</i> Hildebrandt & H. Wendl.	Palma bismark	Arecaceae	11	0,07%
<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerilla	Euphorbiaceae	11	0,07%
<i>Annona squamosa</i> L.	Anon	Annonaceae	10	0,06%
<i>Areca catechu</i> L.	Palma de betel	Arecaceae	10	0,06%
Muerto en pie	Muerto en pie	-	10	0,06%
<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	Arrayan	Myrtaceae	10	0,06%
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caobo	Meliaceae	10	0,06%
<i>Calliandra pittieri</i> Standl.	Carbonero	Leguminosae	9	0,05%
<i>Clitoria racemosa</i> G. Don	Sauce coste	Leguminosae	9	0,05%
<i>Croton gossypifolius</i> Vahl	Drago o Sangregado	Euphorbiaceae	9	0,05%
<i>Jatropha curcas</i> L.	Planta Coral	Euphorbiaceae	9	0,05%
<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K. Heyne	Acacia ferruginea, Acacia brasilera	Leguminosae	9	0,05%
<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	Nacadero	Acanthaceae	9	0,05%
<i>Acacia caven</i> Molina	Aromo	Leguminosae	8	0,05%
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	Indio desnudo, caratillo	Burseraceae	8	0,05%
<i>Cyrtostachys renda</i> Blume	Palma roja	Arecaceae	8	0,05%
<i>Juniperus rigida</i> Siebold & Zucc.	Pino azul	Cupressaceae	8	0,05%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	Moringaceae	8	0,05%
<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Pera de malaca	Myrtaceae	8	0,05%
<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimollo	Annonaceae	7	0,04%
<i>Cecropia peltata</i> L.	Yarumo	Urticaceae	7	0,04%
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Cambulo	Leguminosae	7	0,04%
<i>Genipa americana</i> L.	Jagua	Rubiaceae	7	0,04%
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb	Balso tambor	Malvaceae	7	0,04%
<i>Piper aduncum</i> L.	Cordoncillo	Piperaceae	7	0,04%
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambolo	Oxalidaceae	6	0,04%
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	Caimo	Sapotaceae	6	0,04%
<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	Bola de cañon	Lecythidaceae	6	0,04%
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Higueron	Moraceae	6	0,04%
<i>Garcia nutans</i> Vahl	Avellano	Euphorbiaceae	6	0,04%
<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand	Ceiba verde	Malvaceae	6	0,04%
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Pomarroso	Myrtaceae	6	0,04%
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	Malvaceae	6	0,04%
<i>Thevetia ahouai</i> (L.) A.DC.	Huevo de tigre	Apocynaceae	6	0,04%
<i>Archontophoenix alexandrae</i> (F. Muell.) H. Wendl. & Drude	Palma alejandra	Arecaceae	5	0,03%
<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C. Wendl.	Bambu	Poaceae	5	0,03%
<i>Bignonia longissima</i> Jacq.	Crispeta	Bignoniaceae	5	0,03%
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Caraño	Burseraceae	5	0,03%
<i>Caryota urens</i> L.	Palma cola de pescado	Arecaceae	5	0,03%
<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L	Uva de playa	Polygonaceae	5	0,03%
<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill	Eucalipto grandis	Myrtaceae	5	0,03%
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	Coral rojo	Rubiaceae	5	0,03%
<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skeels	Grosello	Phyllanthaceae	5	0,03%
<i>Polyscias scutellaria</i> (Burm. f.) Fosberg	Crispa, Millonaria	Araliaceae	5	0,03%
<i>Ravenala madagascariensis</i> Sonn.	Palma del viajero	Strelitziaceae	5	0,03%
<i>Sambucus nigra</i> L.	Sauco	Viburnaceae	5	0,03%
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Chirlobirlo	Bignoniaceae	5	0,03%
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tachuelo	Rutaceae	5	0,03%
<i>Adenanthera pavonina</i> L.	Chocho	Leguminosae	4	0,02%
<i>Blighia sapida</i> K.D. Koenig	Bien me sabe	Sapindaceae	4	0,02%
<i>Calliandra schultzei</i> Harms	Carbonero	Leguminosae	4	0,02%
<i>Euphorbia aphylla</i> Brouss. ex Willd.	Letra china	Euphorbiaceae	4	0,02%
<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	Flor de navidad	Euphorbiaceae	4	0,02%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Ficus carica</i> L.	Brevo	Moraceae	4	0,02%
<i>Gustavia superba</i> (Kunth) O. Berg	Paco	Lecythidaceae	4	0,02%
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo	Leguminosae	4	0,02%
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Guamo machete	Leguminosae	4	0,02%
<i>Mammea americana</i> L.	Mamey	Calophyllaceae	4	0,02%
<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Aguacatillo	Lauraceae	4	0,02%
<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud	Palma canaria	Arecaceae	4	0,02%
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	Guayacan trebol	Leguminosae	4	0,02%
<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	Jazmin naranja	Rubiaceae	4	0,02%
<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo	Anacardiaceae	4	0,02%
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jambolan	Myrtaceae	4	0,02%
<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav.	Aliso de rio, Palo bobo	Asteraceae	4	0,02%
<i>Washingtonia filifera</i> (Linden ex André) H. Wendl.	Washingtonia	Arecaceae	4	0,02%
<i>Buxus sempervirens</i> L. variegata	Boj variegado	Buxaceae	3	0,02%
<i>Calliandra</i> sp	Carbonero	Fabaceae	3	0,02%
<i>Coffea arabica</i> L.	Cafe	Rubiaceae	3	0,02%
<i>Dracaena marginata</i> hort.	Palma tricolor	Asparagaceae	3	0,02%
<i>Ixora coccinea</i> L.	Ixora	Rubiaceae	3	0,02%
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Arbol salchicha	Bignoniaceae	3	0,02%
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Jupiter	Lythraceae	3	0,02%
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch.	Oiti	Chrysobalanaceae	3	0,02%
<i>Matisia cordata</i> Bonpl	Zapote	Malvaceae	3	0,02%
<i>Pereskia bleo</i> (Kunth) DC.	Bleo	Cactaceae	3	0,02%
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	Pino colombiano	Podocarpaceae	3	0,02%
<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (O. Berg) Nied.	Guayabo agrio	Myrtaceae	3	0,02%
<i>Sabal mauritiformis</i> (H. Karst.) Griseb. & H. Wendl.	Palma amarga	Arecaceae	3	0,02%
<i>Salix babylonica</i> L.	Sauce lloron	Salicaceae	3	0,02%
Sp	Sp	Sp	3	0,02%
<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote, Bija	Bixaceae	2	0,01%
<i>Cordia lutea</i> Lam.	Biyuyo	Cordiaceae	2	0,01%
<i>Dracaena marginata</i> hort	Dracaena	Asparagaceae	2	0,01%
<i>Erythrina variegata</i> L.	Caraqueño	Leguminosae	2	0,01%
<i>Lafoensia puniceifolia</i> DC.	Guayacan de Manizales	Lythraceae	2	0,01%
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Nispero	Sapotaceae	2	0,01%
<i>Punica granatum</i> L.	Granado	Lythraceae	2	0,01%
<i>Rhapis excelsa</i> (Thunb.) A. Henry	Palma licuala spinosa	Arecaceae	2	0,01%
<i>Spondias mombin</i> L.	Hobo	Anacardiaceae	2	0,01%

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° individuos	Abundancia relativa
<i>Thurpinia</i>	Cedrillo	Meliaceae	2	0,01%
<i>Acacia mangium Willd.</i>	Acacia mangium	Leguminosae	1	0,01%
<i>Bucida buceras L.</i>	Olivo negro	Combretaceae	1	0,01%
<i>Caesalpinia ebano H. Karst.</i>	Ebano costeño	Leguminosae	1	0,01%
<i>Cassia grandis L. f.</i>	Cañafistola	Leguminosae	1	0,01%
<i>Coccoloba acuminata Kunth</i>	Maiz tostado	Polygonaceae	1	0,01%
<i>Ficus aurea Nutt.</i>	Higueron	Moraceae	1	0,01%
<i>Ficus lyrata Warb.</i>	Ficus pandurata	Moraceae	1	0,01%
<i>Ficus lyrata Warb.</i>	Ficus pandurata	Moraceae	1	0,01%
<i>Ficus microcarpa L. f.</i>	Laurel de Indias	Moraceae	1	0,01%
<i>Garcinia madruno (Kunth) Hammel</i>	Madroño	Clusiaceae	1	0,01%
<i>Hyophorbe verschaffeltii H.Wendl.</i>	Palma barrigona	Arecaceae	1	0,01%
<i>Polyscias filicifolia (C.Moore ex E.Fourn.) L.H.Bailey</i>	Pestaña de bruja	Araliaceae	1	0,01%
<i>Psidium cattleianum Afzel. ex Sabine</i>	Guayabo peruano	Myrtaceae	1	0,01%
<i>Solanum betaceum Cav.</i>	Tomate de árbol	Solanaceae	1	0,01%
<i>Stemmadenia litoralis (Kunth) L. Allorge</i>	Lechoso	Apocynaceae	1	0,01%
<i>Sterculia apetala (Jacq.) H. Karst.</i>	Camajon	Malvaceae	1	0,01%
Total general			16.696	100,0%

Fuente: Adaptado del censo 2017 (Lerma et al., 2017).

Por otro lado, las familias botánicas más representativas, siendo la más abundante la familia Leguminosae con 8.171 individuos arbóreos, seguida de Arecaceae con 3.124 individuos y la familia Bignoniaceae con 907 individuos arbóreos, que corresponden al 43,7%, 16,7% y 4,9% respectivamente (Figura 9).

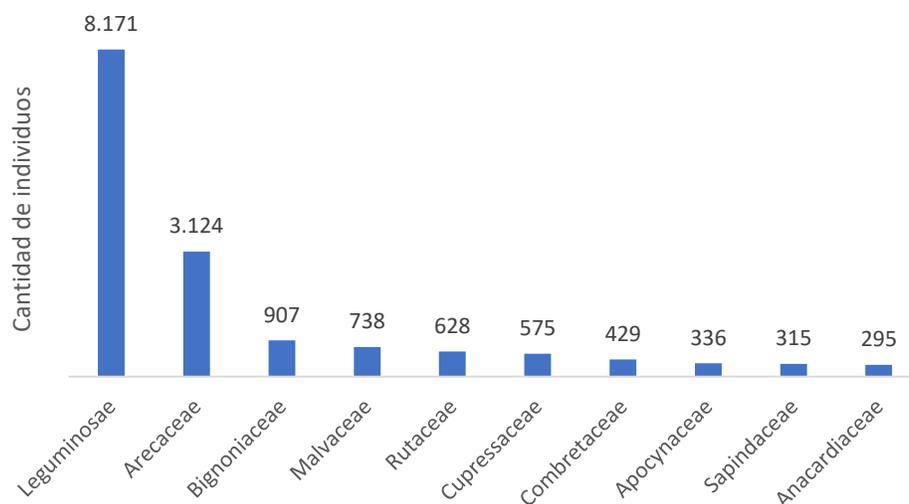


Figura 9. Familias representativas de la cabecera municipal.

Fuente: Adaptado del censo 2017 (Lerma et al., 2017).

Etapa de desarrollo

Durante el transcurso de la actualización del censo arbóreo, se encontró que la mayoría de los individuos se encuentran vivos con un total de 16.696 registros equivalente al 88,7% del total de árboles actualizados. Por otro lado, se encontró que el estado de desarrollo menos frecuente fue Muerto con 280 individuos, con un porcentaje del 1,5% de la cobertura arbórea censada (Tabla 3). Sin embargo, este panorama es de alerta, dado que para el 2017 la cantidad de individuos muertos era de 118 individuos y considerando en la actualidad la presencia muerte de individuos, individuos talados (tocón) e individuos ausentes, la pérdida asciende al 10,9% de individuos en menos de 4 años.

Tabla 3. Etapa de desarrollo en el municipio.

Etapa de desarrollo	Número de individuos	Porcentaje de Individuos
Vivo	16.696	88,7%
Ausente	1.361	7,2%
Tocón	491	2,6%
Muerto	280	1,5%
Total general	18.828	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Durante la actualización se identificaron 1.361 individuos ausentes equivalente a 7,2% de la cantidad total de registros. En muchos casos se evidenciaron restos de tejidos o raíces, mientras que en otros se encontraron evidencias por intervención humana en la impermeabilización de superficies o apropiación del espacio público (Fotografía 4). Esto establece una alerta para el municipio, teniendo en consideración que la pérdida de individuos por ausencia es casi 5 veces mayor que la pérdida por procesos naturales (individuos muertos). Sin embargo, también se tiene que evaluar la capacidad de

regeneración y establecimiento de la vegetación, ya que no se cuenta con el registro de nuevos individuos en el perímetro urbano.



Fotografía 4. Panorama entorno individuos ausentes.

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 mayor concentración de individuos se presenta en las comunas 4, 7 y 6 equivalente al 58% de la totalidad de individuos, mientras que la comuna 1, presenta la menor participación con 5% del total de registros (Figura 10). Si bien la comuna 1 presenta la menor cantidad de árboles, en general la zona céntrica de la cabecera municipal es donde se identifica mayor densidad de construcción y se observa una reducción de la población arbórea en el espacio público, incluyendo sectores de comunas contiguas como la comuna 5 y 4. Para los procesos de planificación y gestión del arbolado urbano, deben priorizarse las comunas del centro tradicional que se caracterizan por manzanas cuadradas de dimensiones cercanas a los 100 m y calles estrechas con distancias entre 10 y 12 m entre paramento y paramento. Esta condición histórica del sistema de calles y manzanas tradicionales ha dificultado el establecimiento de vegetación. Para incorporar nuevo arbolado en estas áreas, se recomienda un estudio de las especies adecuadas, debido a las limitaciones de espacio aéreo y la proximidad de edificaciones y pavimentos.

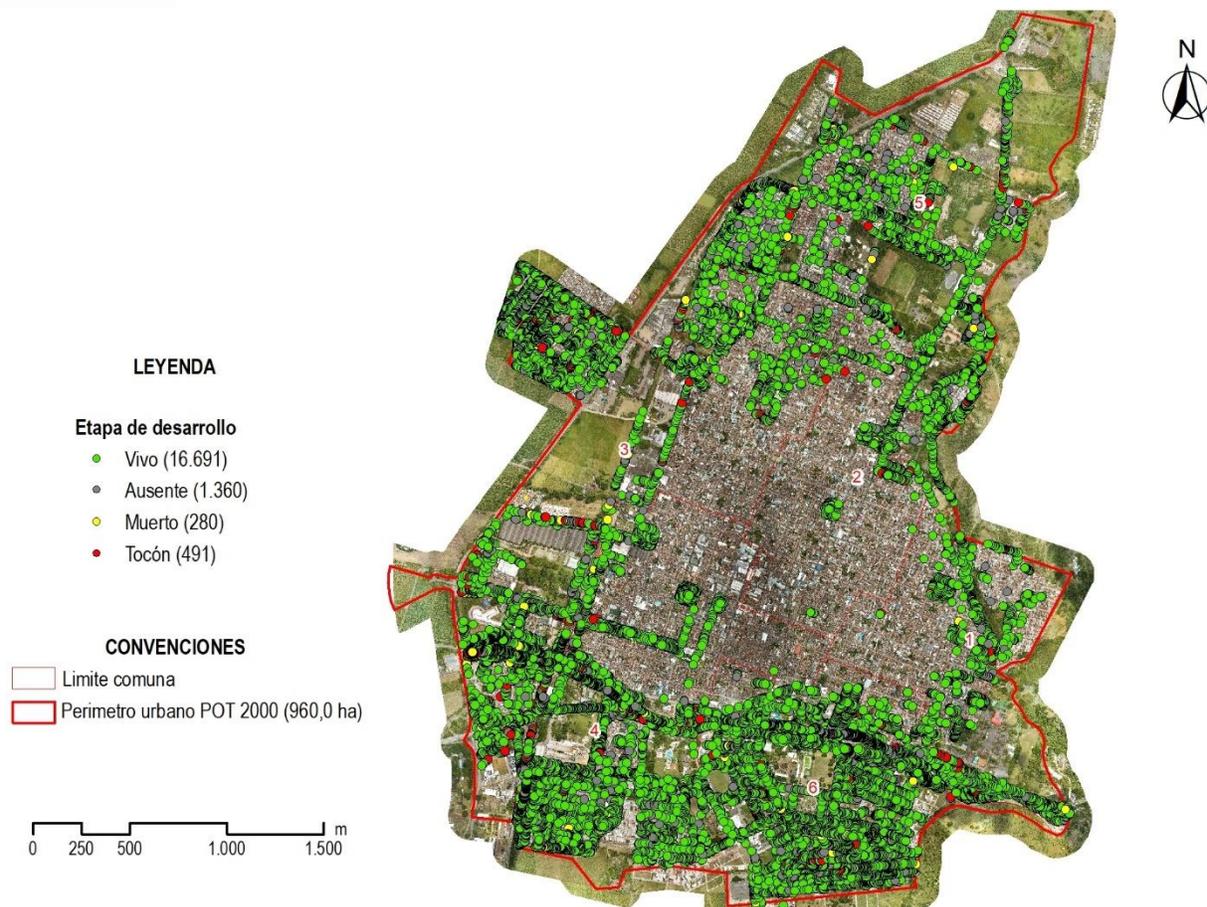


Figura 10. Distribución espacial de la cobertura arbórea en el municipio por Comunas.

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 las comunas se identifican zonas de concentración, siendo más notorias en las comunas 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 11).

En el municipio de Guadalajara de Buga, las zonas destacadas y de gran importancia se presentan en la comuna 6 y 4 ya que estas son atravesadas por el río Guadalajara que alberga más de 1.000 individuos, lo que lo convierte en el factor de mayor diferenciación para la cabecera municipal. Entre las zonas destacadas de la comuna 4 se encuentra el Parque Santa Rita y el parque José María Cabal, las zonas en la comuna 6 se encuentra mayor distribución de individuos en el barrio El Albergue siendo este un factor positivo de apropiación ciudadana, se puede destacar también el barrio Palo Blanco perteneciente a la comuna 3 ya que presenta alta concentración de individuos arbóreos.

COMUNA	AREA_HA	ÁRBOLES
Comuna 5	232	2.454
Comuna 2	110,7	747
Comuna 1	105,8	1.364
Comuna 6	120,6	4.572
Comuna 4	213,5	4.998
Comuna 3	177,4	2.233
Sin información		2.460
TOTAL	960	18.828

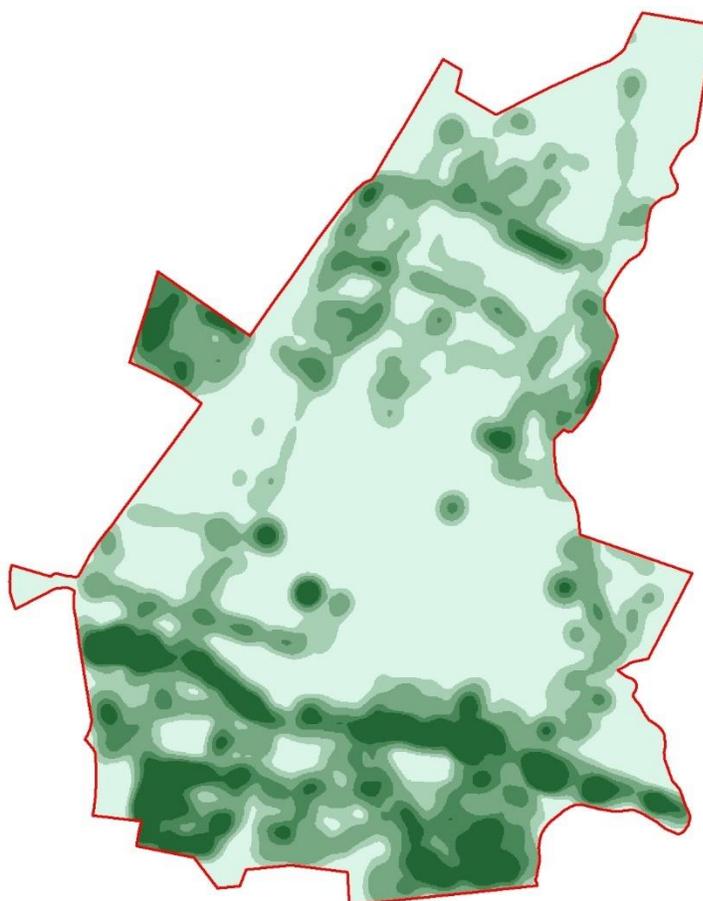


Figura 11. Indicador árboles por hectárea.

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, la mayor concentración de individuos se presenta sobre la calle 1 sur hasta la calle 3 este que conduce a la vía Buga-Ginebra en donde se pueden identificar focos de concentración superiores a 27,7 individuos por área, al igual que la mejor conectividad entre individuos, otra de las vías que cuenta con gran concentración de individuos se encuentran de la carrera 16 hasta la carrera 18. En contraste, las vías con más interrupciones en la conectividad entre individuos se presentan sobre la carrera 8 desde la calle 16 N hasta la calle 4. (Figura 12).

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

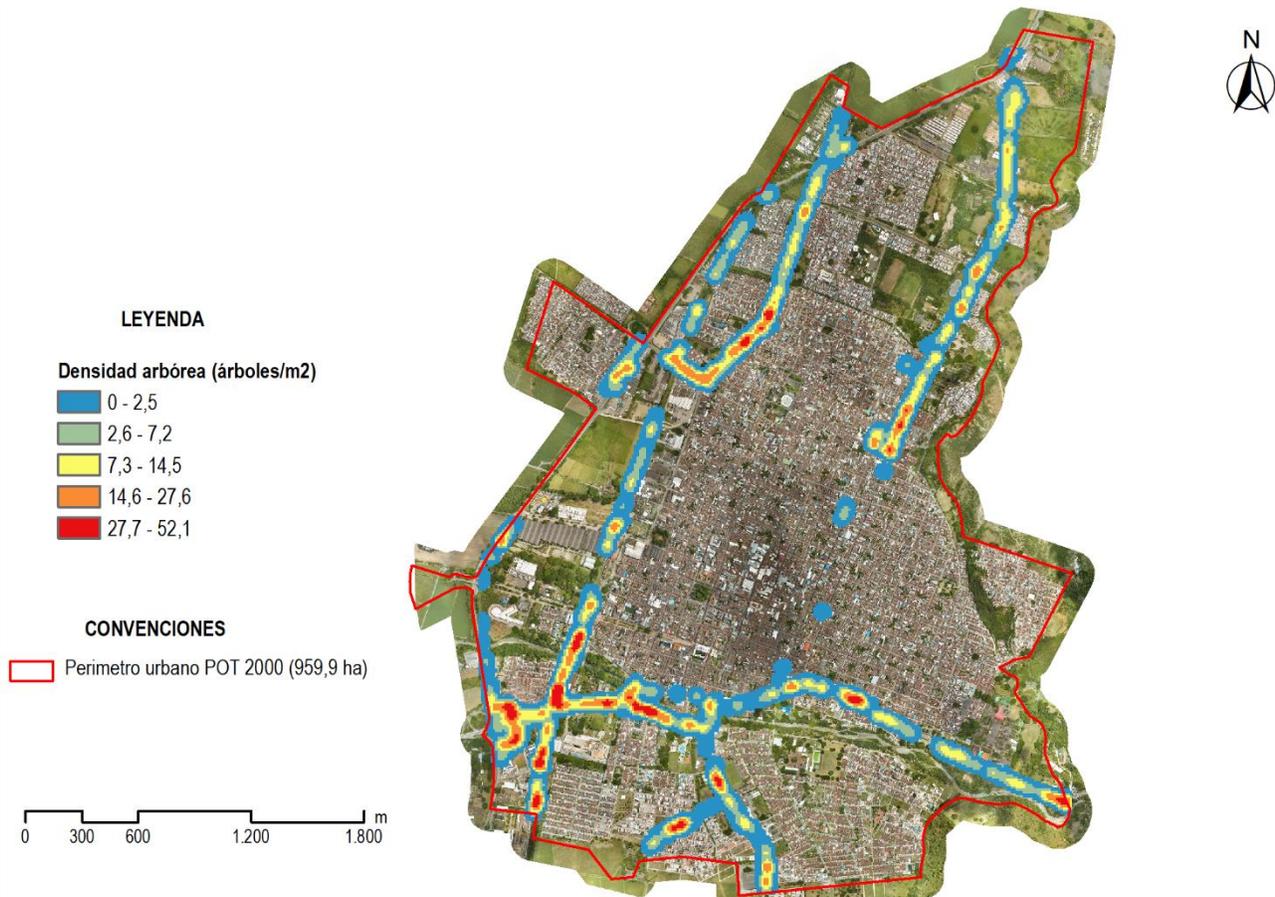


Figura 12. Indicador árboles por hectárea en vías principales.
Fuente: Elaboración propia.

Indicador habitantes por árbol (cabecera municipal)

Este indicador relaciona el número de habitantes (96.239 hab) y la cantidad de árboles (16.696 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 POT (Concejo de Guadalajara de Buga, Acuerdo 068 de 2000) 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 4). 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 4. Indicador habitantes por árbol en algunas caberas municipales.

Ciudad	Habitantes	Individuos arbóreos vivos	Relación
Guadalajara de Buga	96.239	16.696	5,8
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 del 2017 (Lerma et al., 2017), para la cabecera municipal el índice era de 6 habitantes por árbol (aprox.), muy similar al actual. Sin embargo, se identifican dos factores que influyen en el indicador actualidad:

1. Disminuye la cantidad de individuos vivos en el perímetro urbano, pasando de 19.389 individuos en el 2017 a 16.696 individuos vivos para el indicador del 2021. Esto debido en mayor medida a la pérdida de individuos en espacio público, categorizados como ausentes, también a la tala de individuos, la muerte de adultos senescentes y la falta de ingresar individuos nuevos establecidos en el espacio público en una nueva base para el censo.
2. El número de habitantes disminuye de 114.807 en 2017 a 96.239 habitantes para el indicador del 2021 con base a la información del DANE (2018). Dicha cantidad reportada en el 2017 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 (comuna)

La relación entre el número de habitantes y la cantidad de árboles a nivel de comuna se presenta como el indicador de nivel intermedio de detalle, según la información disponible. Para ello se tuvo en cuenta

información poblacional del DANE (2018) y la división política administrativa de comunas obtenida del POT (Concejo de Guadalajara de Buga, Acuerdo 068 de 2000). Por el uso de diferentes fuentes cartográficas se presentaron errores principalmente de tipología, lo que dificultó la asociación entre los habitantes, el límite espacial de las comunas y el número de árboles en algunos sectores. En esos casos las comunas se ajustaron internamente al trazado de las vías del ortomosaico para asociar la totalidad de los datos a cada comuna.

Las categorías están definidas teniendo como base media la proporción recomendada por la Organización Mundial para la Salud (OMS) de 3 habitantes por individuo arbóreo (Toharia, 2018), siendo el mejor escenario la categoría Baja con relaciones inferiores 1,5 habitantes por cada árbol (equivalente a 3 habitantes por cada 2 árboles) y siendo el escenario más crítico en la categoría Muy Alta (más de 12 habitantes por árbol).

En la Figura 13 se presenta la distribución del indicador sobre cada una de las comunas. A nivel general, la mayor cantidad de comunas se establece entre las categorías Alta (entre 5 y 11,9 habitantes por árbol) y Muy Alta (más de 12 habitantes por árbol). Cuatro de las ocho comunas se clasifican en estas categorías, lo que establece un panorama de alerta por el nivel de población, como son los casos de las comunas 2 y 5, en donde las concentraciones de individuos arbóreos no compensan con la cantidad de habitantes. Dicha situación se asocia a que son comunas mas consolidadas en desarrollo urbano. Por otro lado, se refuerza lo identificado en la comuna 2 con la poca densidad arbórea, siendo una de las comunas más crítica en la categoría Muy Alta (más de 12 habitantes por árbol), mientras que las comunas 6 y 4 se establecen son las mejores categorizadas con niveles Regulares

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

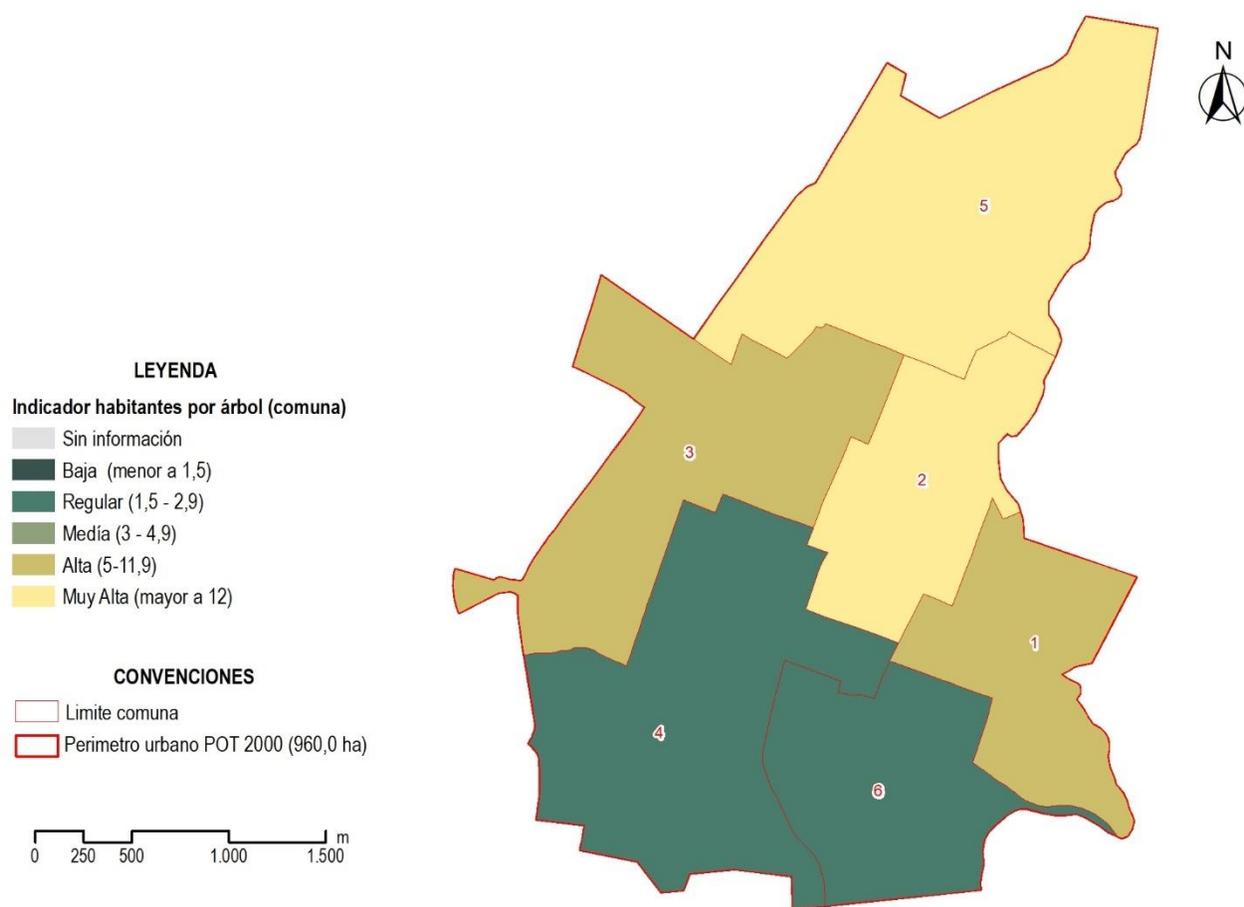


Figura 13. Indicador de habitantes por árbol por comuna.

Fuente: Elaboración propia.

Indicador habitantes por árbol (barrio)

La relación entre el número de habitantes y la cantidad de árboles se presenta como el indicador de mayor nivel de detalle a nivel municipal, según la información disponible. Para ello se tuvo en cuenta información poblacional del DANE (2018) y la división política administrativa en barrios obtenida del POT (Concejo de Guadalajara de Buga, Acuerdo 068 de 2000). 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 14, 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 barrio Palo Blanco, parque José María Cabal y barrio el Jardín. También se puede presentar el efecto contrario: en algunas zonas del río Guadalajara, específicamente en el barrio Albergue y barrio El Carmelo, donde la distribución de individuos arbóreos por hectárea se consideraba Alta y Muy Alta, pero bajo el índice pasa a la categoría regular y baja favorecido por la cantidad de árboles en la calle 1 sur y la vía Buga – Ginebra y la relación de habitantes según la información del censo.

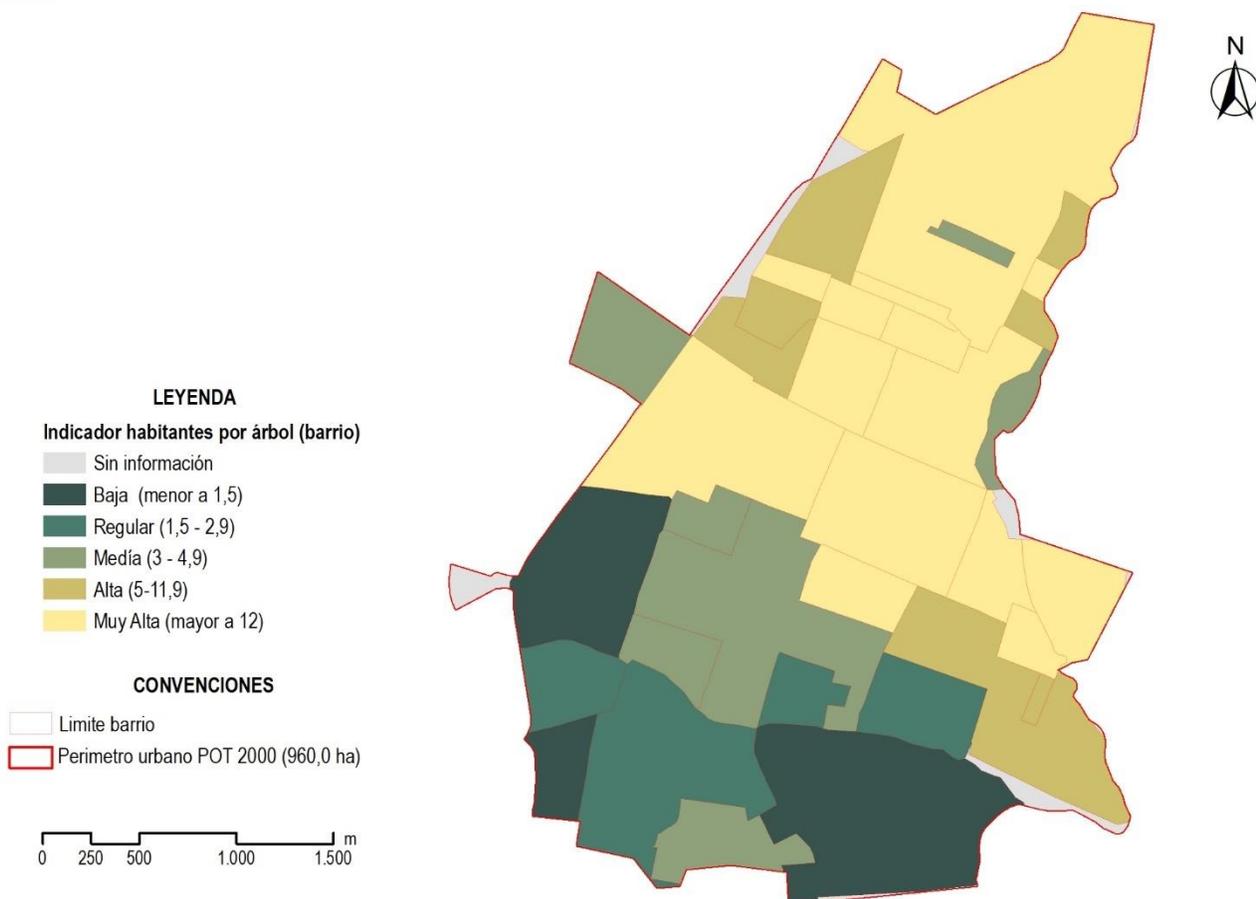


Figura 14. Indicador de habitantes por árbol por barrio.

Fuente: Elaboración propia.

De los 36 barrios identificados para Guadalajara de Buga, 3 barrios están clasificados como Baja (8%), 4 barrios en categoría Regular (11%), 7 en categoría Media (19%), 7 en categoría Alta (19%), 14 barrios en categoría Muy Alta (39%) y solo 1 de los barrios (3%) quedó sin clasificación por no contar con información de habitantes y árboles (Figura 15).

Entre los barrios clasificados con mejor categoría se identifican: Urb. Portales Del Rio, Urb. Prados Del Sur, El Albergue en categoría Baja, seguido de Estambul, Los Ángeles, Aures y El Carmelo, en categoría Regular.

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

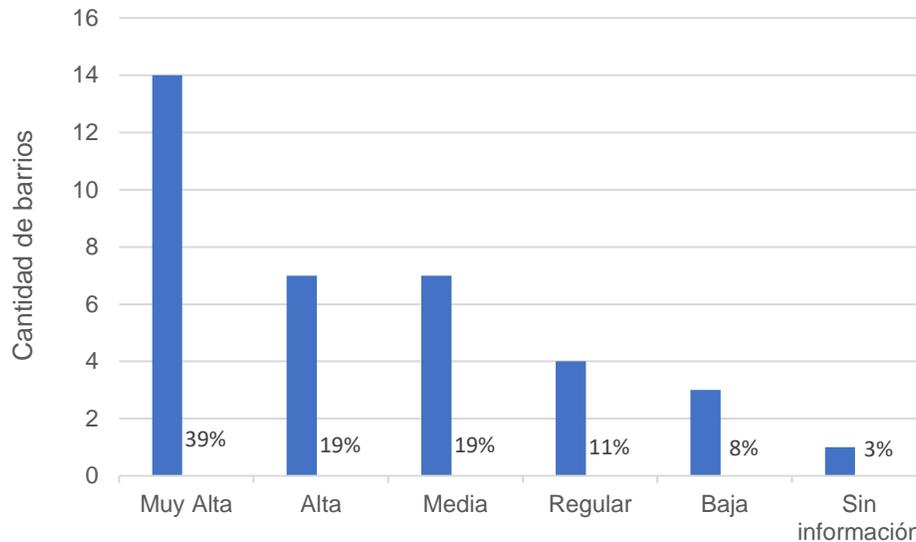


Figura 15. Numero de barrios por categoría del indicador habitantes por árbol.

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 las 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 en el indicador a nivel de comuna, 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 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 la actualización del 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 (87,0%), es importante establecer estrategias de gestión del riesgo para los 2,138 individuos clasificados en las categorías de bajo, medio y alto nivel de estrés

(12,8%). Los individuos sin evaluación corresponden a individuos en predios encerrados a los cuales no tuvo acceso.

Tabla 5. Cantidad de individuos por grado de estrés.

Grado de estrés	Número de individuos	Porcentaje de individuos
Ninguno	14.518	87,0%
Bajo	1.578	9,4%
Medio	435	2,6%
Alto	125	0,7%
Sin evaluación	40	0,2%
Total	15.429	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 8,9% de árboles vivos se identificaron como enfermos, equivalente a 1.482 individuos. La Figura 16 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.

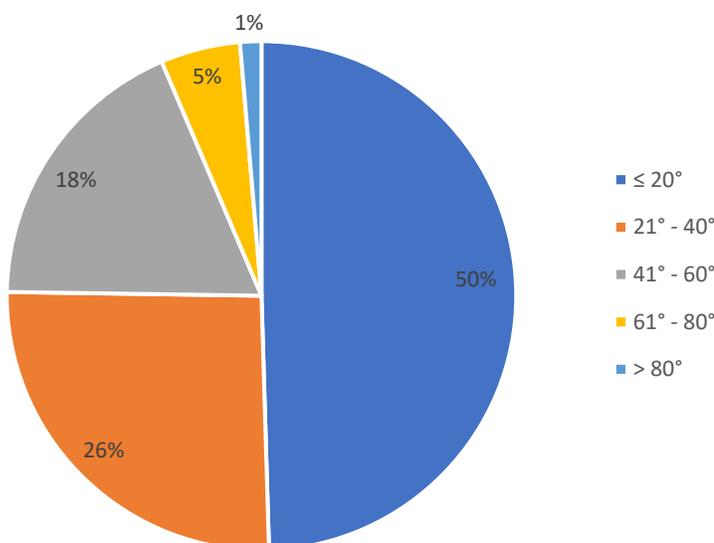


Figura 16. Severidad de individuos enfermos.

Fuente: Elaboración propia.

- **Muy severo:** 20 individuos de las siguientes especies destacadas: *Citrus x limon (L.) Osbeck*, *Geoffroea spinosa Jacq.*, *Swinglea glutinosa (Blanco) Merr.*

- **Severo:** 75 individuos, con las siguientes especies destacadas: *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., *Bougainvillea glabra* Choisy, *Citrus × limon* (L.) Osbeck, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.
- **Moderado:** 272 individuos, con las siguientes especies destacadas: *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Citrus × limon* (L.) Osbeck, *Annona muricata* L., *Bougainvillea glabra* Choisy, *Dyopsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.
- **Leve:** 381 individuos, con las siguientes especies destacadas: *Dyopsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Achatocarpus nigricans* Triana, *Terminalia catappa* L., *Mangifera indica* L.
- **Muy leve:** 734 individuos arbóreos, con las siguientes especies destacadas: *Dyopsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Melicoccus bijugatus* Jacq., *Guazuma ulmifolia* Lam.

La Figura 17 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.

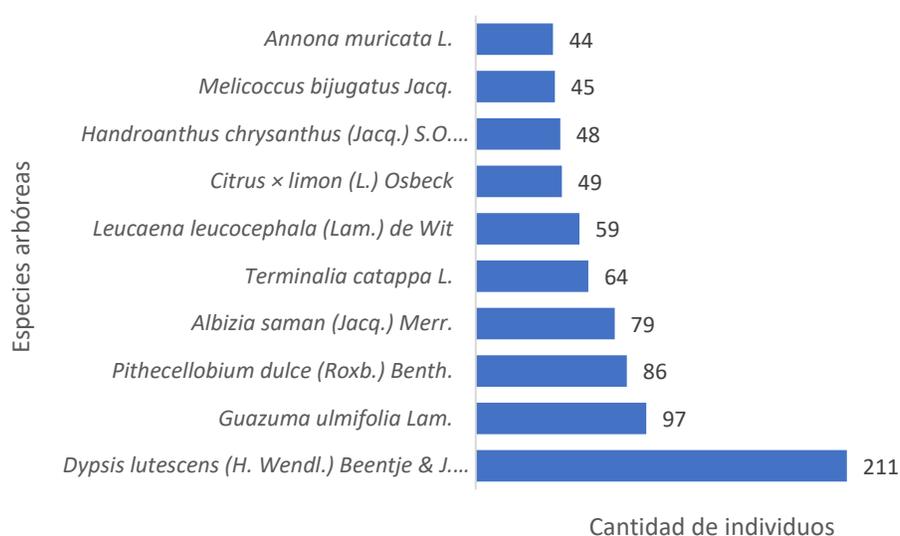


Figura 17. Especies con mayor número de individuos reportados en todos los grados de severidad de enfermedad.

Fuente: Elaboración propia.

- *Dyopsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. Esta especie es la tercera más abundante en la cabecera urbana de Guadalajara de Buga (1,097 individuos) y presenta la mayor cantidad de individuos reportados como enfermos. Un 19,2% de la población está afectada por enfermedad, la mayoría de los cuales se ubican en el rango de severidad muy leve y 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.

- *Guazuma ulmifolia* Lam. Esta es la onceava especie más abundante en la cabecera urbana de Guadalajara de Buga (356 individuos). Un 27,2% de la población está afectada por enfermedad, establecida en los grados de muy leve y leve. Sin embargo, 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 cuarta especie más abundante en la cabecera urbana de Guadalajara de Buga (873 individuos). Un 9,9% de la población está afectada por enfermedad, con una incidencia concentrada en el rango muy leve. Dado que el porcentaje de afectación es bajo, se recomienda evaluar las condiciones particulares que pueden estar afectando el correcto desarrollo de los individuos afectados.
- *Albizia saman* (Jacq.) Merr. Esta es la séptima especie más abundante en la cabecera urbana de Guadalajara de Buga (431 individuos). Un 18,3% de la población está afectada por enfermedad, con una incidencia de individuos en condición moderada. Debido al riesgo que representa la especie por su desarrollo potencial, 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 hace parte de las especies más abundantes del municipio.
- *Terminalia catappa* L. Esta es la novena especie más abundante en la cabecera urbana de Guadalajara de Buga (393 individuos). Un 16,3% de la población está afectada por enfermedad, con grados de muy leve y leve. Sin embargo, 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.

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 18 presenta los registros generados a partir de la información tomada en campo, en la cual se reporta que de 16.696 individuos arbóreos correspondientes a 220 especies evaluadas, 1.482 individuos arbóreos correspondientes a 136 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 921 individuos, seguido por “plantas parásitas” con un total de 165 individuos enfermos, 61 individuos en los que se hallaron “Otro” no identificados, entre otros patógenos.

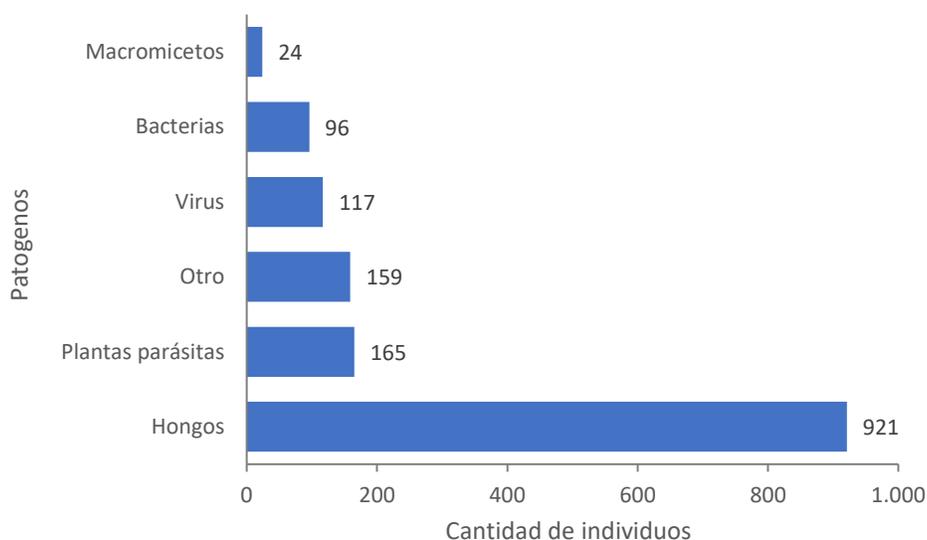


Figura 18. Patógenos asociados al arbolado urbano.

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 5. Registros fotográficos asociadas a Hongos 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 *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. con 211 individuos (14,2%), *Guazuma ulmifolia* Lam. con 97 individuos (6,5%), *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. con 86 individuos (5,8%), *Albizia saman* (Jacq.) Merr. con 79 individuos (5,3%), *Terminalia catappa* L. con 64 individuos (4,3%), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit con 59 individuos (4%), *Citrus x limon* (L.) Osbeck con 49 individuos (3,3%), *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.

Grose con 48 individuos (3,2%), *Melicoccus bijugatus* Jacq. con 45 individuos (3,0%) y *Annona muricata* L. con 44 individuos (3,0%).

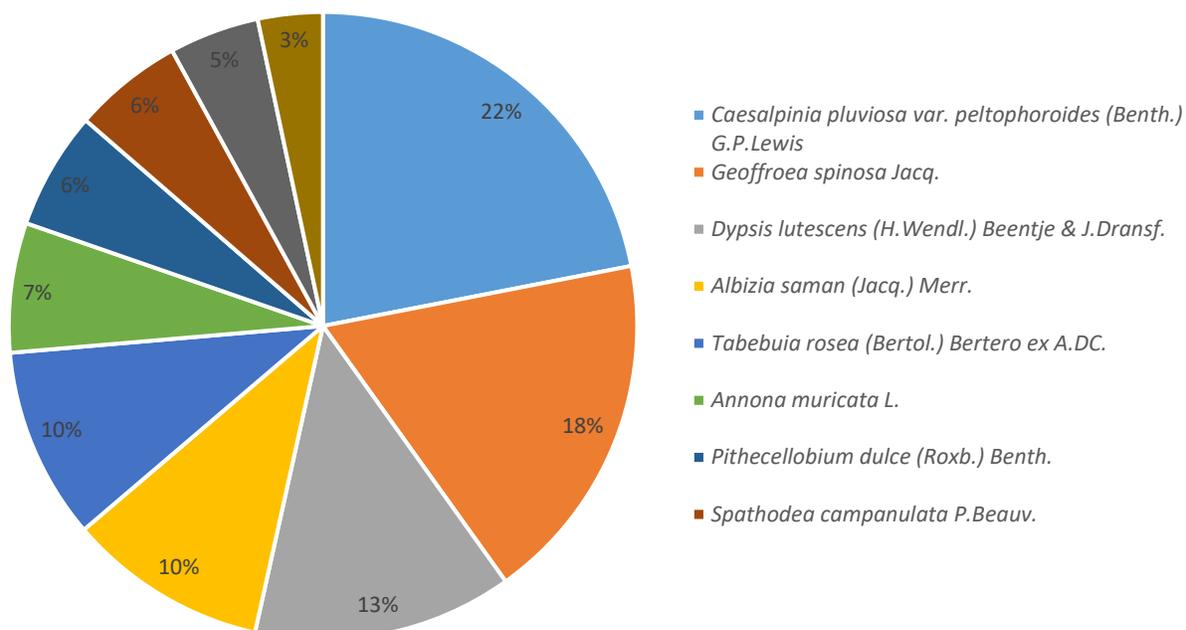


Figura 19. Especies arbóreas con más individuos enfermos.

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 18.696 individuos arbóreos enfermos fueron: “Clorosis” con 863 árboles, seguido de “Anomalías en follaje” con 192 individuos y finalmente “Pudrición/Tizones/Necrosis” con 136 individuos arbóreos con este síntoma, entre otros.

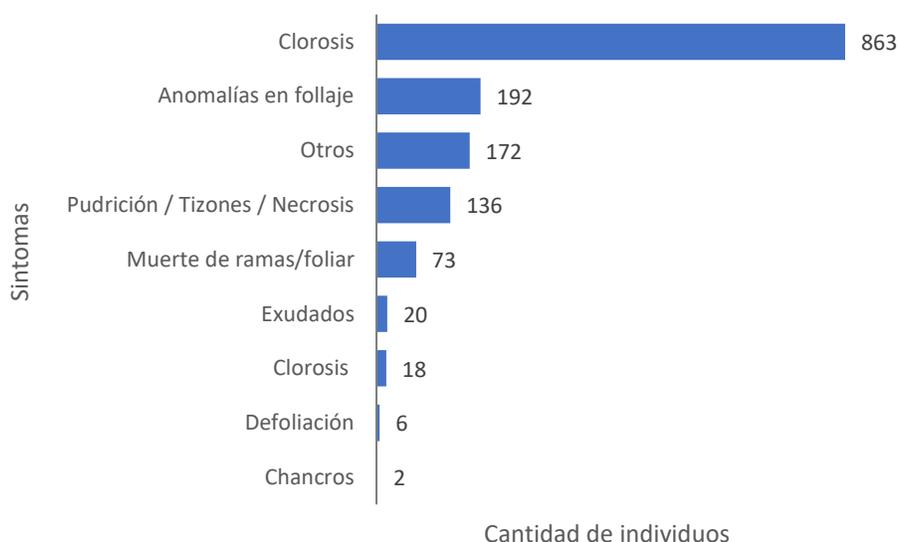


Figura 20. Síntomas asociados a enfermedades en individuos censados.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la anterior información reportada, en la Figura 21 se relacionan las 10 especies arbóreas con mayor cantidad de síntomas de enfermedades asociados a chancros, defoliación, clorosis, anomalías en follaje, pudrición/tizón/necrosis, otros, muerte de ramas/foliar y exudados. Teniendo de esta forma con los porcentajes más significativos a *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. y *Guazuma ulmifolia* Lam., con los porcentaje más altos asociados a Clorosis con 193 y 85 individuos respectivamente, representando el 18,8%. Seguido por *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit con 54 individuos arbóreos afectados en cuanto a “Otro” síntoma, representando un 3,6%. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. y *Terminalia catappa* L. con 51 y 45 individuos afectados, representando un 3,4% y 3,0% de los individuos enfermos, con afectaciones relacionadas mayormente de “Clorosis”. *Albizia saman* (Jacq.) Merr., con 43 individuos afectados representando así un 2,9%, relacionados estos síntomas mayormente a “Muerte de ramas/foliar”.

Los individuos marcados con Muerte de ramas/foliar 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.

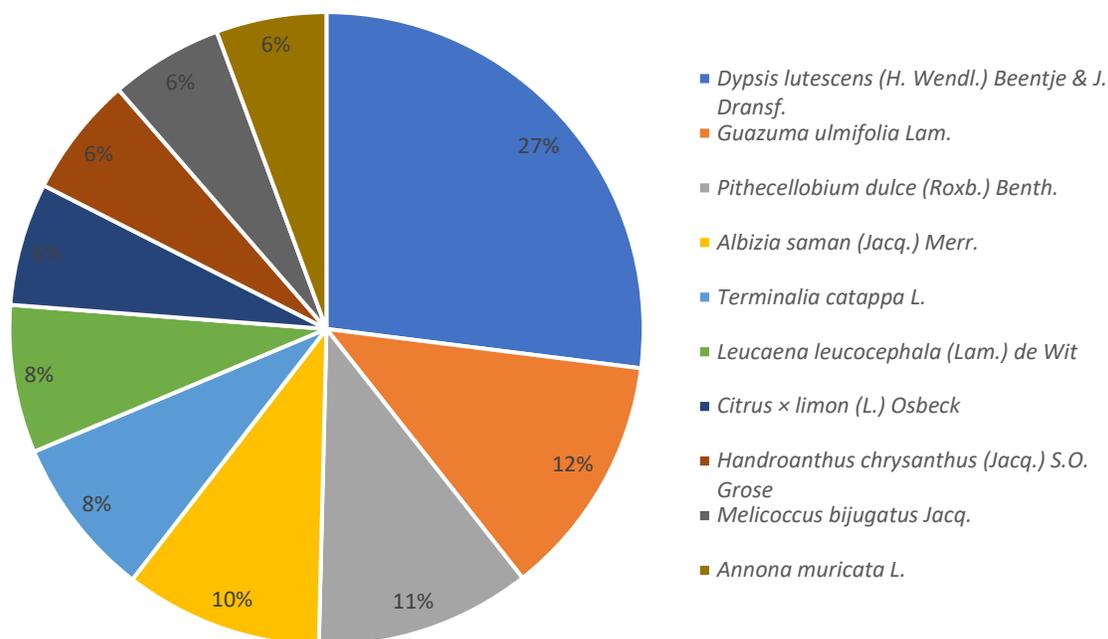


Figura 21. Especies arbóreas con síntomas de defoliación, clorosis, chancros, anomalías en follaje, pudrición/tizón/necrosis, otros, muerte de ramas/foliar y exudados.

Fuente: Elaboración propia.

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

De acuerdo con la Figura 22, la parte vegetal en los árboles censados con mayor presencia de síntomas se concentra principalmente a nivel del follaje, siendo el síntoma de “Clorosis” destacado con el mayor número de reportes en árboles. En esta condición se identifican siguientes especies arbóreas con la mayor cantidad de registros; *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Seguido por síntomas concentrados a nivel del follaje, siendo el síntoma de “Anomalías en follaje” “Muerte de ramas” y “Clorosis” quienes se destacan al registrar el mayor número de individuos arbóreos. En esta clasificación se pueden destacar especies como: *Achatocarpus nigricans* Triana, *Hibiscus rosa-sinensis* L. o *Bougainvillea glabra* Choisy.

Ya a nivel del tallo, es el síntoma denominado “Otros” y “Pudrición / Tizones / Necrosis” representan el 18% de la localización de los síntomas con especies como: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Geoffroea spinosa* Jacq. o *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. y *Caesalpinia pluviosa* DC, siendo las más abundantes en cada categoría.

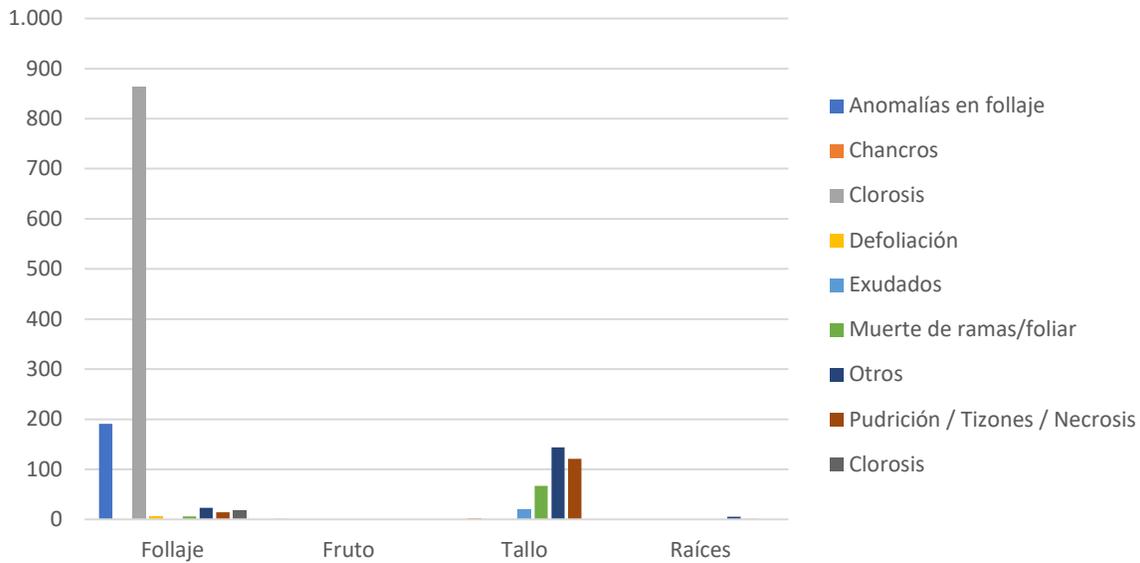


Figura 22. Localización de síntomas de enfermedades en árboles
Fuente: Elaboración propia.

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.

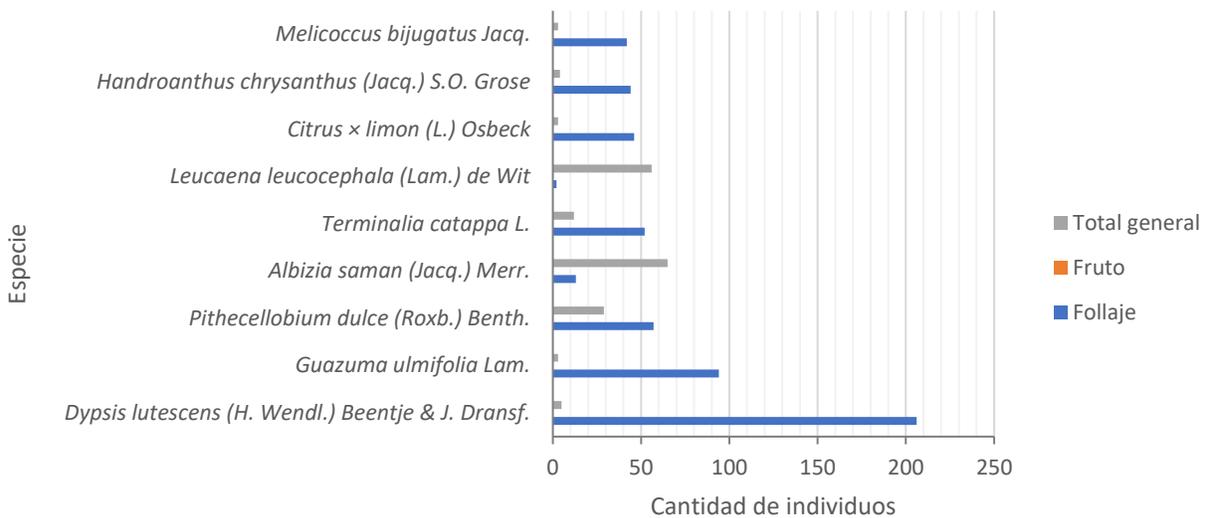


Figura 23. Especies arbóreas con mayor número de individuos asociados a síntomas localizados a nivel del tallo, follaje y frutos.
Fuente: Elaboración propia.

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 asimétrico 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 asimétrico, 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 117 individuos se reportaron en condición Mala (0,2%) y 2.060 individuos en condición Regular (12,3%). Los individuos sin evaluación corresponden a individuos en predios cerrados a los cuales no tuvo acceso. 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 6. Cantidad de individuos según la vigorosidad.

Vigorosidad	Número de individuos	Porcentaje de Individuos
Bueno	14.479	86,7%
Regular	2.060	12,3%
Malo	117	0,7%
Sin evaluación	40	0,2%
Total general	15.429	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 de vigorosidad Malo.

Tabla 7. Primeras 10 especies arbóreas con vigorosidad mala.

Vigorosidad	Nombre de especie arbórea	Individuos
Malo	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	18
	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	12
	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	11
	<i>Cocos nucifera</i> L.	11
	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	8
	<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC	5
	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	4
	<i>Muntingia calabura</i> L.	4
	<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.	3
	<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	3

Fuente: Elaboración propia.

6.5 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, mariquita 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 18.828 individuos arbóreos registrados, 18.696 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 94,8%, equivalente a 15.821 individuos. Por el contrario, se evidencio que 835 individuos tuvieron presencia de insectos plaga sobre al menos una estructura vegetal como hojas, ramas, estructuras florales, fuste o raíces, lo que representa el 5,0% de los individuos arbóreos afectados, como se presenta en la Figura 24, mientras que 40 individuos no tuvieron evaluación por estar al interior de predios encerrados.

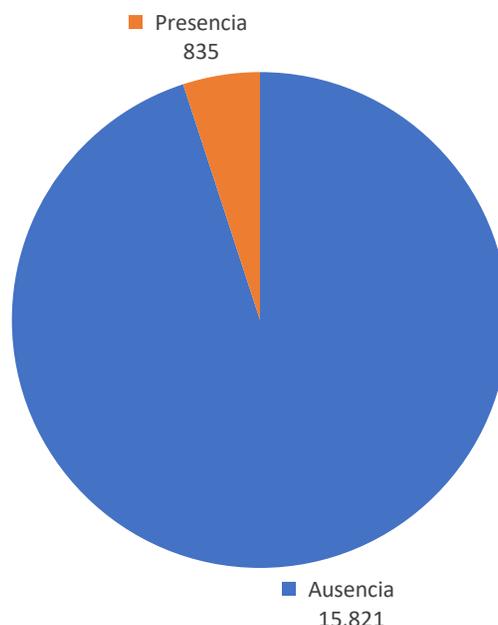


Figura 24. Ausencia y presencia de insectos en individuos arbóreos.

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 462 individuos presentaron 10 o menos insectos, principalmente por insectos del orden Coleóptera, equivalente al 55,3% del total de registros que presentaron insectos plaga asociados, 163 individuos con más de 100 insectos (19,5%), 141 individuos presentaron entre 11 – 50 insectos (16,9%), 68 individuos entre 51 – 100 insectos y 1 individuo entre 41 – 60 insectos plaga que representa el 0,1% (Figura 25).

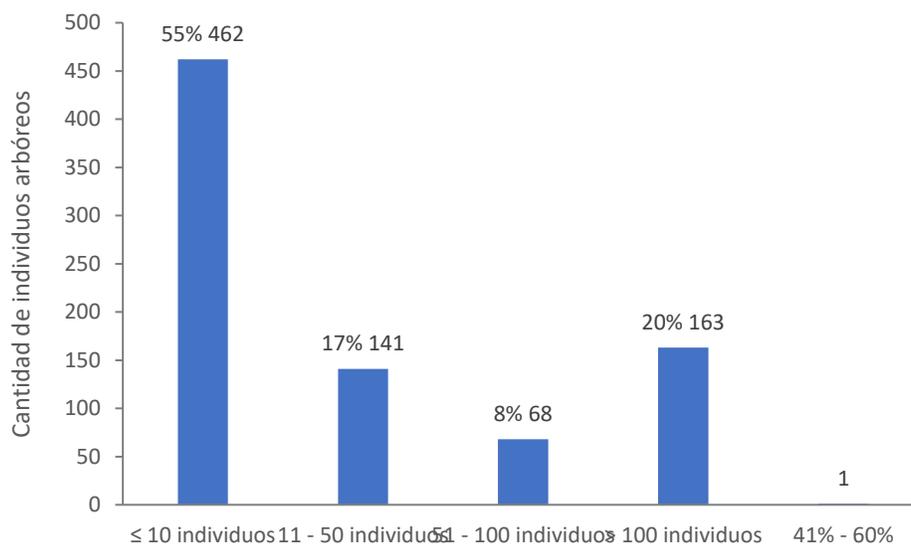


Figura 25. Nivel de población de insectos plaga por cantidad de individuos presentes.

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 42,3% de los individuos con presencia de plagas, no supera el 20% de infestación de su área total, equivalente a 353 registros, 209 árboles estuvieron entre 21 – 40% equivalente al 25,0% de los registros, 177 árboles en el rango de 41% - 60% equivalente al 21,2% de los registros y 96 individuos en las categorías restantes, equivalente 11,5% de los registros. Esto indica que las plagas identificadas se encuentran distribuidas de manera general y si bien la mayor cantidad de individuos presenta una cantidad menor a 10 insectos por individuo, la participación de porcentajes de infestación en mayor medida requiere evaluaciones de mayor profundidad.

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 limbo 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 26 se aprecia que el 72,9% de los insectos (609 registros) afectan el follaje, principalmente en niveles de infestación menor a 20% mayoritariamente. En segunda medida, se presenta el 26,4% de insectos en el tallo (219 registros), con niveles de infestación distribuidos entre menor a 20%, entre 21% – 40% y 41% – 60%.

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.

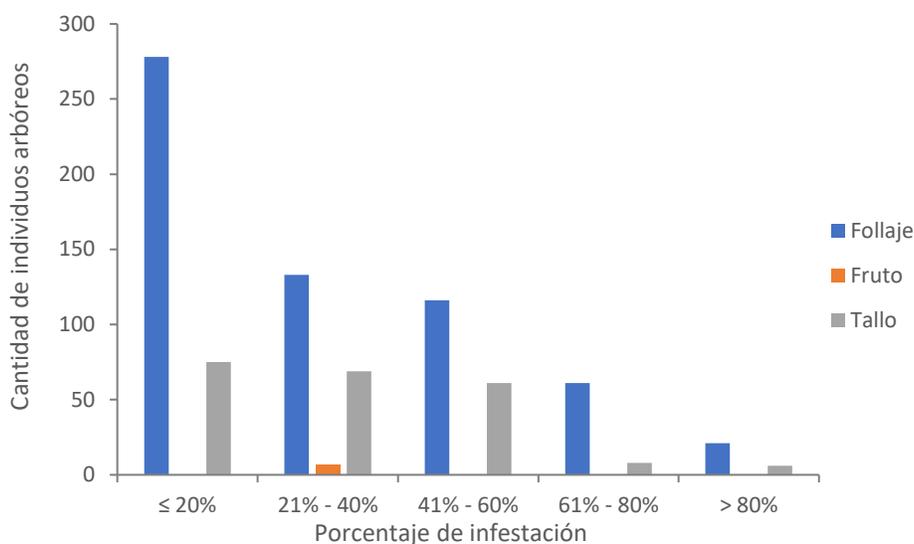


Figura 26. Estructuras vegetales afectadas.

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 8, las defoliación es el tipo de daño más recurrente con 369 individuos afectados, representando el 44,2% del total de individuos con algún tipo de daño visual evidente (Fotografía 6). En segunda cantidad de registros, se identifica la categoría Clorosis (28,7%) que son daños sin una asociación la pérdida de capacidad fotosintética mostrando tejidos amarillentos, Perforaciones (25,0%) asociados a insectos del orden Coleóptera, entre otros de menor participación.

Tabla 8. Número de individuos según el tipo de daños asociados.

Daño asociado	Número de individuos	Porcentaje de Individuos
Defoliación	369	44,2%
Clorosis	240	28,7%
Perforaciones	209	25,0%
Otro	13	1,6%
Entorchamientos	3	0,4%
Minas en hojas	1	0,1%
Total general	835	100,0%

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 6. Daños identificados en campo por defoliación (superior) y clorosis (inferior).
Fuente: Elaboración propia.

Bajo la mirada del grupo taxonómico, predomina el orden Himenóptera (29,6%). 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 (Fotografía 7), el problema principal radica en el número de individuos que efectúa el proceso de alimentación sobre un individuo vegetal.



Fotografía 7. Insectos del orden Himenóptera (hormiga arriera) y defoliaciones asociadas identificados en campo.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el segundo grupo taxonómico corresponde a orden Hemíptera 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*, se encontró en 238 individuos arbóreos (28,5%) (Fotografía 8). 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.



Fotografía 8. Insectos del orden Hemiptera identificados en campo (chinches, escamas y piojos).

Fuente: Elaboración propia.

El tercer grupo asociado al orden Coleóptera en un 25,9%. 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 (Fotografía 9). 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 desprover 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 (Agrios, 2005).



Fotografía 9. Insecto del orden Coleóptero y perforaciones asociadas identificados en campo.
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los grupos taxonómicos de importancia en el censo arbóreo, en la Tabla 9 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 9. Distribución de tipos de daños según el tipo de especie.

Tipo de daño asociado	Cantidad de individuos	Porcentaje
Defoliación	369	44,2%
<i>Terminalia catappa</i> L.	48	5,7%

Tipo de daño asociado	Cantidad de individuos	Porcentaje
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	38	4,6%
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	22	2,6%
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	22	2,6%
<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	20	2,4%
Otros	219	26,2%
Clorosis	240	28,7%
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	185	22,2%
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	8	1,0%
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	5	0,6%
<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck	4	0,5%
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	4	0,5%
Otros	34	4,1%
Perforaciones	209	25,0%
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	44	5,3%
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	20	2,4%
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	19	2,3%
<i>Ficus benjamina</i> L.	18	2,2%
<i>Cocos nucifera</i> L.	18	2,2%
Otros	90	10,8%
Otros	13	1,6%
Entorchamientos	3	0,4%
Minas en hojas	1	0,1%
Total general	835	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 27) 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 28 individuos arbóreos con esta característica, representando el 0,1% 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.

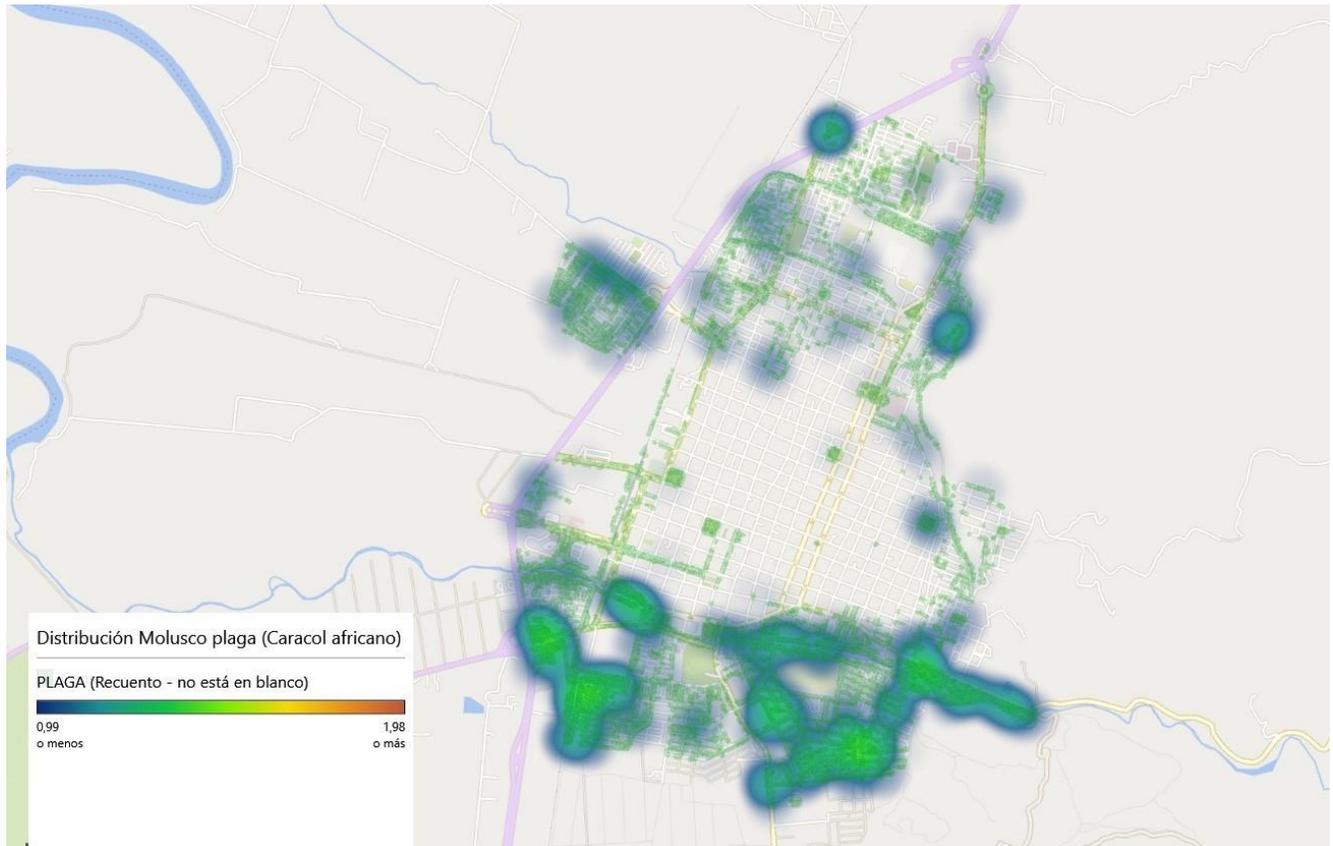


Figura 27. Zonas identificadas con presencia de molusco plaga (Caracol africano).
Fuente: Elaboración propia.

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 16.696 individuos vivos evaluados en espacio público 4.957 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 Tabla 10 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 10. Intervenciones recomendadas por número de individuos.

Intervención	Número de individuos
Individuos que requieren al menos 1 tipo de poda	7.318
Poda de control	1.701
Fertilización y/u otro tipo de intervención	7.479
Control fitosanitario y/u otro tipo de intervención	2.039
Erradicación	76
Tala	96
Traslado	23

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 491 tocones y 280 individuos forestales muertos, para un total de 771 individuos que representan el 4,1% de la cobertura total registrada para el municipio (Tabla 11).

Tabla 11. Porcentaje de individuos muertos y tocones.

Etapas de desarrollo	Número de individuos	Porcentaje de individuos
Muerto	142	18,6
Tocón	622	81,4
Total	764	100

Fuente: Elaboración propia.

Especialmente el total de los individuos muertos y tocones se distribuyen a lo largo y ancho de la cabecera municipal (Figura 28), con mayor presencia sobre la comuna 4 (154 individuos), comuna 2 (103 individuos) y comuna 6 (98 individuos). 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.

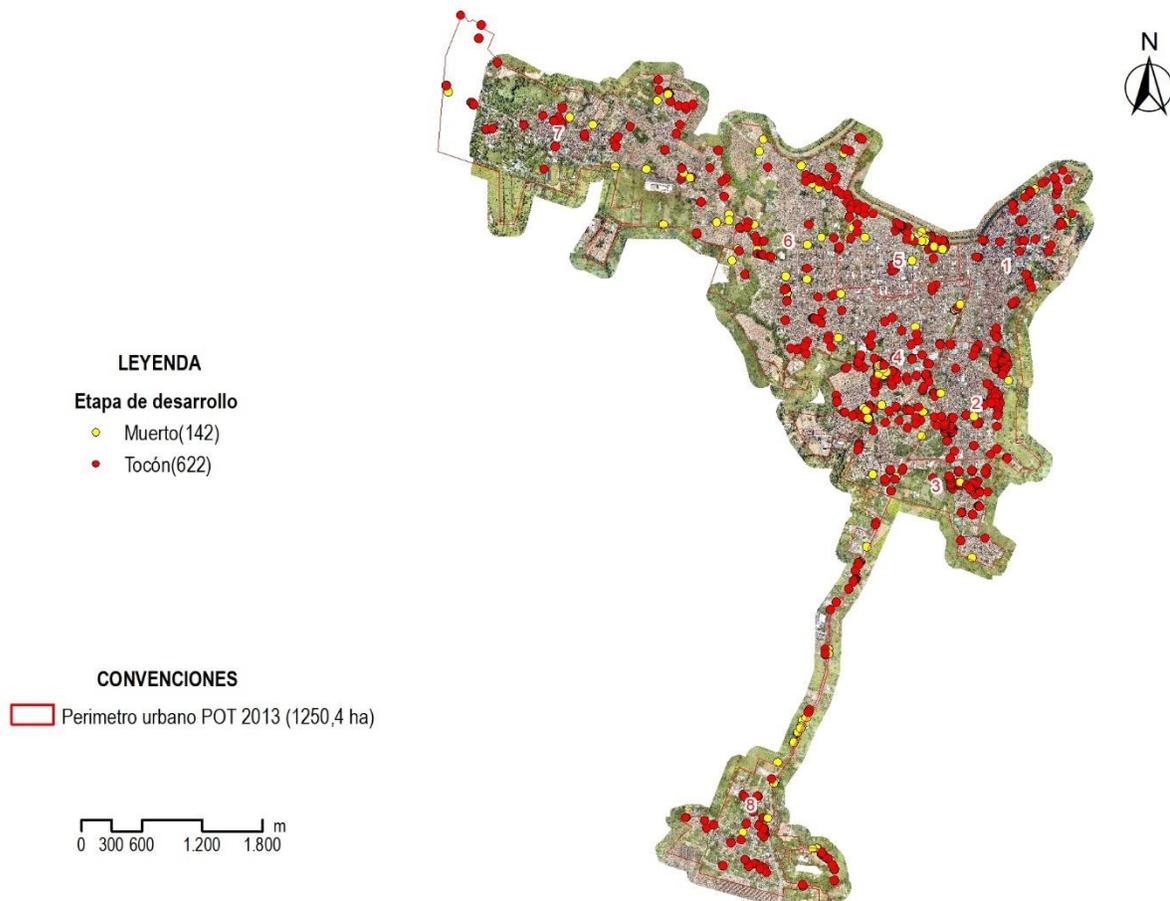


Figura 28. Distribución espacial de individuos muertos y tocones.
Fuente: Elaboración propia.

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 a 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 biología 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 antagonísticos 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 colectar 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 epífitas 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 epífitas.

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 insectiles, 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 gruesa 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 desproveer 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 10. 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 11. Algunos daños e insectos asociados al Orden Himenóptera.

Fuente: Elaboración propia.

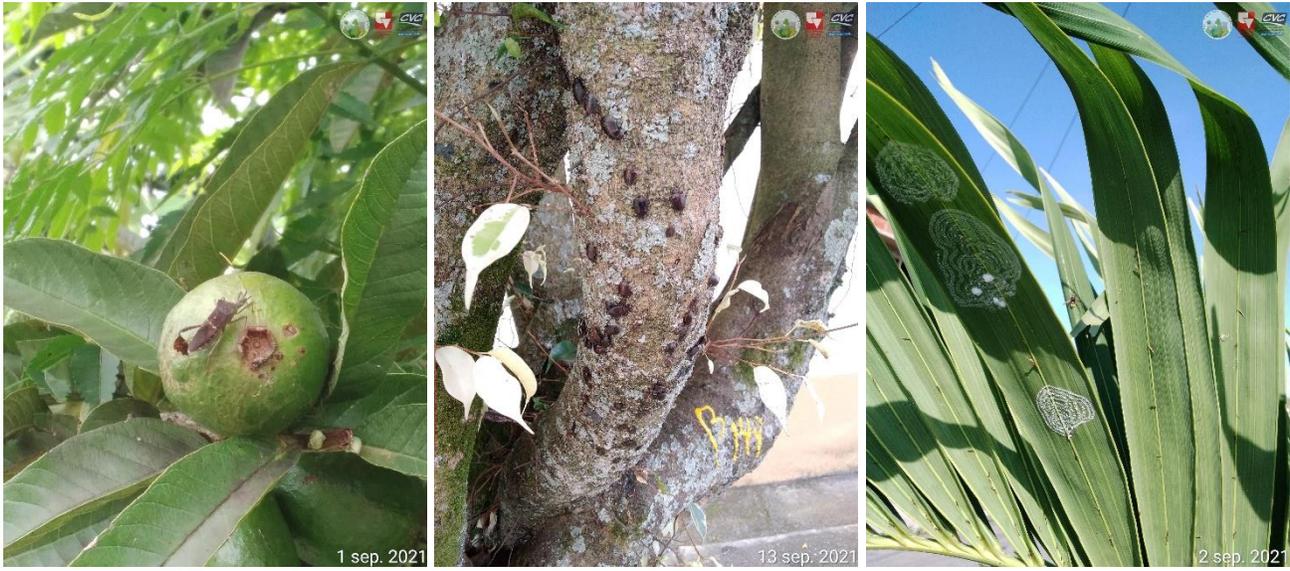
Orden Hemiptera

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 12. Algunos daños e insectos asociados al Orden Hemiptera.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 12. Algunos daños e insectos asociados al Orden Hemíptera (continuación).
Fuente: Elaboración propia.

8. ATRIBUTOS HOMOLOGADOS

Para el proceso de homologación de atributos del censo de 2017 con la base consolidada del 2021, se unificaron los atributos de emplazamiento y diámetro de copa para el manejo de la información estandarizado a nivel departamental (la Tabla 12).

Tabla 12. Atributos homologados del censo anterior.

Censo 2017	Censo 2021
Emplazamiento	
vias peatonales	Vía peatonal
separadores viales	Separador vial
parques publicos	Parque, plaza o plazoleta
otros	Otro
vias ferreas	Vía férrea
franja protectora	Borde de cauce natural
glorietas o asimilables	Glorieta o asimilable
triangulos	Otro
sendero ecologico	Otro
polideportivo	Escenario deportivo
Diámetro de copa	
>10	15
4-6	5
2-4	3
0-2	2
6-10	8
Energizado	
si	Si
no	No

Fuente: Elaboración propia.

Los atributos de variables continuas como: altura y DAP se incluyeron sin transformación. Al igual que el nombre científico, nombre común y familia.

Debido al alcance de la actualización, se recomienda realizar un proceso de homologación de las especies del censo con la ficha de especies a nivel departamental, al igual que la transformación de las variables dicotómicas para establecer el estado anterior contra el estado actual de cada individuo.

9. RESULTADOS REVISIÓN DE CAMPO

De acuerdo con la revisión en campo donde se valida el correcto diligenciamiento de la información sanitaria en concordancia con los individuos en espacio público, se identificó que la clasificación taxonómica fue el único atributo que presentó observaciones, con valores del 7% Figura 29.

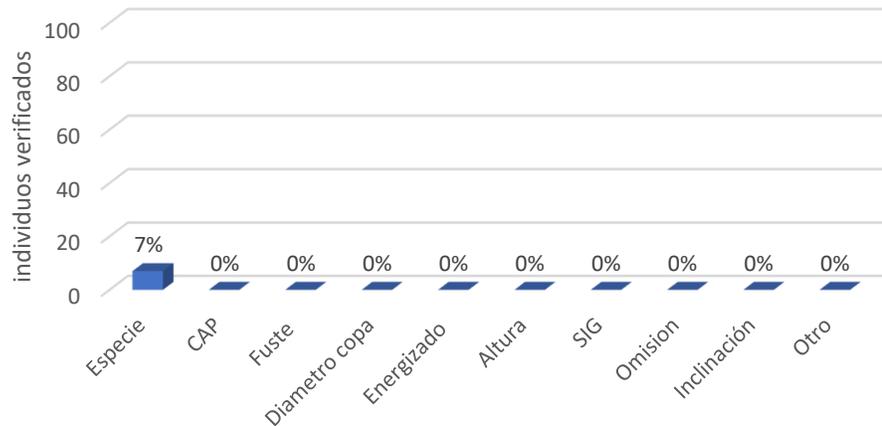


Figura 29. Resultados revisión de campo.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la clasificación taxonómica no hacía parte del alcance del proyecto, de los individuos identificados en la revisión y durante la actualización del censo, se dejó un comentario en el atributo de observaciones en todas las especies mal clasificadas en la base consolidada del censo.



Fotografía 13. Revisión de la información en campo.

Finalmente, después de entregada la base consolidada y varios procesos de revisión y validación por parte de CVC (Tabla 13), 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 13. Versiones de ajuste y entrega.

Versión	Ajuste
V1	Emisión Inicial.
V2	Ajuste unificación datos informe.
V3	Parametrización variables en la GDB.

Fuente: Elaboración propia.

10. CONCLUSIONES

- De manera satisfactoria para la actualización del municipio se registraron un total de 18.828 individuos arbóreos, de los cuales 16.696 corresponden a individuos vivos (88,7%), 771 a individuos muertos o tocones (4,1%) y 1.361 individuos ausentes (7,2%).
- Al interior del del perímetro urbano del municipio se encontró un aumento de la pérdida de individuos pasado de 118 muertos en el 2017 a 2.132 en 2021 entre Muertos, Tocones y Ausentes, equivalente a 11,3% del total de individuos registrados. Lo que establece un panorama de atención para la gestión del arbolado en el municipio.
- Del total de individuos arbóreos evaluados, se identificaron 61 familias entre 220 especies, siendo 51,71% de las especies entre el *Geoffroea spinosa Jacq.*, *Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit*, *Dypsis lutescens (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.*, *Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.*, *Adonidia merrillii (Becc.) Becc.*, *Caesalpinia pluviosa DC*, *Albizia saman (Jacq.) Merr.* y *Platyclusus orientalis (L.) Franco*, en orden de mayor a menor. Esta concentración de especies establece una amenaza para el equilibrio ecológico del ecosistema Arbustales y matorrales medio seco en lomerío estructural-erosional, Bosque cálido seco en piedemonte coluvio-aluvial, Bosque cálido seco en piedemonte aluvial y Bosque inundable 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 15.000 individuos para alcanzar una relación de 3 habitantes por árbol, actualmente se establece en la categoría Regular con 5,8 habitantes por árbol. Los sectores con mayor oportunidad de mejora son las comunas y barrios condición Media y Regular debido a que presentan mayor de disponibilidad de espacio s para la incorporación de individuos, contrario a lo que se presenta en los sectores en condición Alta o Muy Alta.
- La presente actualización permitió la identificación de 7.318 individuos que requieren algún tipo de intervención por poda y 1.701 individuos requieren poda de control por estar en contacto con redes aéreas.
- De los 18.696 individuos vivos evaluados, 2.317 presentaban algún problema fitosanitario y/o entomológico, de los cuales 1.482 se encontraron afectados por enfermedades y 835 por problemas entomológicos, estos valores son equivalentes al 8,9% y 5,0% 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. Otra confirmación de este panorama de alerta se confirma al comprar la información el 2017 con la actual, para aquel entonces se identificó la presencia de 546 individuos con insectos (1,6%) y 1.809 individuos con presencia de hongos (5,8%), bajo respuestas dicotómicas, lo que no permite profundizar en el análisis.
- De acuerdo con la evaluación fitosanitaria presuntivo, el principal síntoma fitopatológico evidenciado en las especies evaluadas fue la clorosis, causada por hongos en el follaje, mayoritariamente en la especie *Dypsis lutescens (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.*, mientras que el principal daño evidenciado por insectos fue Defoliación en el follaje causado por insectos del

orden Himenóptera afectando el área foliar, mayoritariamente en especies de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.

- En la gran mayoría de los casos donde se evidenció que la comunidad identificó un árbol como problema, esto obedece principalmente a viviendas que han sido construidas en áreas forestales protectoras - AFP, desconociendo el papel ecosistémico fundamental que tienen los individuos arbóreos en estas zonas.

11. RECOMENDACIONES

Realizar una actualización del censo arbóreo donde se incluya los nuevos individuos que cumplen con los requisitos mínimos de inclusión, puesto que durante la actualización se identificó una alta cantidad de individuos sin censar, que brindan servicios ecosistémicos y durante su ciclo de vida en el contexto urbano requerirán algún tipo de intervención y evaluación de sanidad.

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.

Es importante que durante la ejecución de las podas se utilice cicatrizante, puesto que se evidenció que, en varias de las podas realizadas anteriormente, este no ha sido empleado y ha causado que muchos agentes entomológicos principalmente Coleópteros, perforen y generen pudrición sobre las heridas expuestas, haciendo que el riesgo público del árbol sea mayor.

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 unificada a nivel departamental. Actualmente se podrá consultar la información del individuo con la codificación existente.

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 (UMATA, 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, en un periodo de tiempo de máximo 6 meses, debido al potencial impacto negativo que pueden generar en el entorno urbano, sumado al dinamismo que representa el componente arbóreo. En la medida de lo posible, con la implementación de estrategias de monitoreo con trampas que permitan el seguimiento a insectos diurnos y nocturnos que no son posibles percibibles en ciertas horas del día y cuyo monitoreo abre el panorama para realizar análisis más profundos.

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 coluvio-aluvial, Bosque cálido seco en piedemonte aluvial y Arbustales y matorrales medio seco en lomerío estructural-erosional, 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.

Para las Áreas Forestales de Protección - AFP inmersos dentro del casco urbano se precisa que deben de tener un manejo forestal diferente por ser otro tipo de cobertura natural vegetal, donde las especies y el desarrollo del ecosistema no es controlado a diferencia de los individuos arbóreos en otros emplazamientos al interior del perímetro urbano.

AGRADECIMIENTOS

Se resalta la participación del equipo de profesionales de Veolia S.A. E.S.P.: Oscar Lerma (Coordinador zonas verdes), Andrés Felipe Manotas Ortega (Jefe de operaciones - residuos), Johan Andréi Ocampo Aristizábal (Líder de operaciones senior zonas verdes). El apoyo constante John Alexander Cerón Luna (Profesional universitario de la DAR centro sur). De igual forma, agradecimientos al equipo de profesionales de la Secretaria de Planeación Carlos Humberto Loaiza Ospina Secretaria de Planeación, perteneciente a la Alcaldía del municipio de Guadalajara de Buga: Eduardo Caicedo y Rosemarie García Ayala y Luis Enrique Henao Gamboa Gerente de Aguas de Buga SA ESP.

REFERENCIAS

- Agrios, G. (2005) Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 26-27,398-401.
- Ali, M. A., Gyulai, G., Hidvegi, N., Kerti, B., Al Hmaid, 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 *Tillanococcus* 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.
- Concejo de Guadalajara de Buga. (2000). Acuerdo 068. Por el cual se adopta el plan de ordenamiento territorial del municipio de Guadalajara de Buga”. Disponible en: <http://www.guadalajaradebuga-valle.gov.co/normatividad/acuerdo-n-068-de-2000-por-el-cual-se-adopta-el-plan>.
- 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 Cartago, Valle del Cauca. Contrato Interadministrativo No 12-111 de 2015 entre Municipio de Cartago 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.
- Lerma, O., Azcarate, L., Tobar, A, Orobio, M. Holguín, S. (2017). Proyecto censo arbóreo del municipio de Guadalajara de Buga (Valle del Cauca). TULUASEO S.A. E.S.P.
- 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 Secciona 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.