



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**Evaluación del arbolado urbano en espacio público del Municipio de
Cartago, Valle del Cauca como estrategia para la identificación de riesgos y
conflictos territoriales**

TESIS DE MAESTRÍA

Elaborado por:
ALEXANDRA ARISTIZABAL MEJIA

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
2017

**Evaluación del arbolado urbano en espacio público del
Municipio de Cartago, Valle del Cauca como estrategia para la identificación
de riesgos y conflictos territoriales**

ii

Tesis elaborada por:
ALEXANDRA ARISTIZABAL MEJIA

Presentado a la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas de la
Universidad de Manizales como requisito parcial para optar al título de:

MAGÍSTER EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

Director:
Mg. EDISSON CASTRO ESCOBAR

Línea de Investigación:
Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Grupo de Investigación:
Centro de Investigación en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - CIMAD

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia

2017

Agradecimientos

Gracias a Dios por darme la oportunidad de formarme como profesional, y a nunca dejar de persistir por mis sueños e ideales que me propuse en mi vida.

Gracias a mis Padres por su apoyo y dedicación incondicional en todas las etapas de mi vida, por darme fortaleza para salir adelante en situaciones difíciles.

A mi Director de tesis por ser maestro y guía en este importante proceso académico.

Gracias a los profesores de la Maestría que con sus saberes me permitieron cerrar este ciclo académico tan importante para mí formación profesional.

Resumen

En el presente trabajo, se analiza el inventario del arbolado urbano del Municipio de Cartago, mediante esquemas de organización y planificación que hoy en día son prioridad ambiental de las ciudades, y que deben ser considerados bajo criterios técnicos que contribuyan al manejo de las áreas verdes existentes; además requieren ser evaluadas e integradas, para el mejoramiento ambiental de los hábitat urbanos. Se tuvo en cuenta la recolección de información geográfica y social en campo, la cual destaca dos intenciones principales: la primera está relacionado con la *Caracterización y Diagnóstico del Arbolado e Identificación de Percepciones y Apropiación Social en el Ordenamiento Ambiental*, que realiza la presentación general del inventario forestal, en el cual se analizan variables e indicadores específicos; y el segundo componente es *Proponer lineamientos de Planificación* como base para las orientaciones que permiten fortalecer el manejo integral del componente arbóreo de parques y zonas verdes, especialmente hacia una política de gestión y organización del arbolado. Como resultado se encuentra una población vegetal juvenil, con bajas incidencias de agentes causales y pocas especies de alto valor ecológico y predominio en la diversidad de especies en una misma zona. Los resultados de la investigación indican, que es necesaria la implementación de acciones que propendan por el incremento y cuidado de los árboles.

Palabras claves: arbolado urbano, ordenamiento ambiental, gestión integral.

Abstract

In the present work, we analyze the urban tree inventory of the Municipality of Cartago, through organizational and planning schemes that today are environmental priorities of cities, and that must be considered under technical criteria that contribute to the management of green areas in addition, they need to be evaluated and integrated, for the environmental improvement of urban habitats. The collection of geographic and social information in the field was taken into account, which highlights two main intensions: the first is related to the Characterization and Diagnosis of Trees and Identification of Perceptions and Social Appropriation in Environmental Management, which performs the general presentation of the forest inventory, in which specific variables and indicators are analyzed; and the second component is to propose guidelines for planning as a basis for guidelines that strengthen the integrated management of the arboreal component of parks and green areas, especially towards a policy of management and organization of trees. As a result, there is a juvenile plant population, with low incidences of causal agents and few species of high ecological value and predominance in the diversity of species in the same zone. The results of the research indicate that it is necessary to implement actions that promote the increase and care of trees.

Keywords: urban woodland, environmental management, integrated management.

Tabla de Contenido

Capítulo 1	1
1. Problema de investigación	1
1.1 Objetivos	6
2. Marco teórico.....	7
2.1. Aproximación a la planificación y manejo de los ecosistemas urbanos.....	7
2.2. Estado del Arte.....	12
2.2.1. Casos de estudio en planificación arbórea urbana	12
2.2.2. Sostenibilidad urbana.....	14
2.2.3 Manejo de árboles urbanos y áreas verdes.....	16
2.2.4 Servicios Ambientales del arbolado urbano	18
3. Marco metodológico	21
3.1. Descripción del área de estudio	21
3.2. Generalidades del Municipio de Cartago.....	21
3.3 Descripción del enfoque investigativo.....	23
3.4. Descripción de la caracterización del arbolado urbano de Cartago.....	24
3.5. Población vegetal objetivo de estudio	25
3.6 Sistematización de datos	26
Capítulo 2	27
4. Abordaje empírico	27
4.1. Caracterización y diagnóstico del arbolado urbano del municipio de Cartago	27
4.2. Distribución de la flora urbana	29
4.3. Conflictos más relevantes	36
4.4. Estado físico y fitosanitario del arbolado urbano	41
4.5. Indicadores Per Cápita del Arbolado Urbano en Cartago.....	47
4.6. Análisis de Riesgos de los árboles urbanos de Cartago.....	51
4.7. Diversidad de la flora urbana de Cartago	57
4.8. Análisis de las percepciones y apropiación social en relación al arbolado urbano de la Ciudad de Cartago.....	58
Capítulo 3	1
Propuestas de lineamientos de planificación y gestión integral para el mejoramiento del componente arbóreo, zonas verdes y parques del municipio de cartago	1
5. Discusion	1
6. Conclusiones.....	7
7. Bibliografía	9

Lista de tablas

vii

Tabla 1. Especies con mayor abundancia en el inventario	28
Tabla 2. Distribución de la flora urbana por comuna	30
Tabla 3. Distribución de especies inventariadas de acuerdo al uso	32
Tabla 4. Distribución de individuos leñosos de acuerdo a su área de emplazamiento	34
Tabla 5. Conflictos más relevantes de los árboles por comuna	40
Tabla 6. Afectaciones fitosanitarias registradas en los árboles inventariados	42
Tabla 7. Indicador Per Cápita de algunas ciudades de Colombia y el mundo.....	48
Tabla 8. Árboles por habitante de acuerdo a las comunas.....	50
Tabla 9. Número de árboles con conflicto de volcamiento por comuna	57

Figura 1. Delimitación del área de trabajo: Perímetro urbano del Municipio de Cartago.....	21
Figura 2. Ubicación del Municipio de Cartago en el contexto nacional.....	22
Figura 3. Mapa georeferenciación árboles inventariados	27
Figura 4. Mapa densidad de árboles por comuna	31
Figura 5. Distribución porcentual del número de especies inventariadas de acuerdo al uso.....	32
Figura 6. Árbol sobre andén mal podado generando riesgo de volcamiento.....	33
Figura 7. Distribución porcentual de individuos inventariados de acuerdo al lugar de emplazamiento	35
Figura 8. Árboles en espacio público sembrados muy cerca de infraestructura y encerrado con mampostería por la comunidad.....	36
Figura 9. Individuos que presentan conflicto con cableado aéreo	37
Figura 10. Ébano con emplazamiento en espacios reducidos.....	38
Figura 11. Palma zancona muerta en pie usada como poste.....	41
Figura 12. Ébano empleado como poste ilegal; Ébano empleado como perchero, y Almendros empleados como columnas de soporte.....	44
Figura 13. Samán afectado por las llamas de una quema en su base (izq); Ceiba con daños durante la construcción del andén (der)	45
Figura 14. Árbol de mango con presencia excesiva de epífitas (Barbas de viejo – Tillanciausneoides – principalmente)	46
Figura 15. Mapa árboles con necesidad de intervención fitosanitaria inmediata	47
Figura 16. Número de árboles por Comunas en el Municipio de Cartago	51
Figura 17. Árbol con riesgo de volcamiento por excavación	54
Figura 18. Viviendas establecidas en medio de árboles generando riesgo a los árboles y a la infraestructura	56
Figura 19. Diagrama Causa – Efecto	59
Figura 20. Propuestas lineamientos de planificación.....	1

Capítulo 1

Introducción e información general

1. Problema de investigación

Las ciudades son centros de relaciones, por ende se presentan cambios permanentes y existe una conexión directa entre las personas que las habitan con su propio entorno; estas sinergias generan impactos negativos en los ecosistemas urbanos dando lugar a problemáticas ambientales (Giraldo, 2010). De acuerdo con Mejía (2016) el proceso de urbanización se ha considerado uno de los principales problemas de la era actual, más del 50% de la población vive en los centros poblados contra un 40% que habita en la zona rural. Las áreas urbanas han crecido sin mucha organización, han generado estructuras habitacionales en cerros y áreas forestales cuyos suelos no son aptos para la construcción de viviendas, causando daños irreparables al ambiente y poniendo en riesgo a la población. Este tipo de procesos se ha visto agravado con los desplazamientos generados por la búsqueda de la satisfacción de las necesidades básicas y la violencia; cada día son más los requerimientos de nuevas áreas para ser incorporadas como zonas de expansión urbanas, en muchos casos para ser habitadas en condiciones de pobreza que no generan, ni permiten crear intereses y compromisos para conservar las coberturas vegetales de forma adecuada y, con una mala proyección de manejo en el tiempo.

Además los Planes de Ordenamiento Territorial no garantizan el desarrollo sostenible y armónico con el territorio, hay deficiente planeación a mediano y largo plazo en los sistemas de planeación ambiental, estratégica y organizacional, existen

instrumentos de ordenamiento ambiental del territorio desligados de la planificación territorial, y además concurre la falta de operatividad frente a una realidad urbana en permanente cambio.

El manejo del arbolado en el área urbana trae consigo una serie de beneficios entre los cuales se encuentran la purificación del aire, la regulación del clima local, entre otras (Mejía, 2016). En este sentido se hace importante que los esquemas de organización y proyección de las ciudades tengan en cuenta una mejor *planificación ambiental del territorio* y que mejoren o contribuyan de alguna manera a la conservación del arbolado urbano (Mejía, 2016).

La FAO (2016) define un bosque urbano como aquel en el que interactúan diferentes formas de ocupación de las áreas verdes, de esta manera se espera que los beneficios obtenidos de este sistema repercutan en el bienestar común (FAO, 2016), un análisis más completo de diversos casos de estudio del manejo del arbolado urbano consultados por la FAO (2016) muestran como en los países bajos, las estrategias de protección y manejo del arbolado urbano han llevado al establecimiento de un manual de silvicultura urbana que permite a la ciudad un desarrollo inclusivo del arbolado. FAO presenta como casos exitosos de planificación y manejo del arbolado urbano en diversas ciudades como Vancouver en Canadá donde como meta se estableció que una persona del común en el año 2020 debe habitar a una distancia menor de 5 minutos caminando de un parque o una zona verde, y que se debe cumplir una meta de plantar una cantidad de árboles que se definirá anualmente (FAO, 2016).

Los estudios realizados en torno al arbolado urbano alrededor del mundo se han constituido en un reto para los tomadores de decisiones, desde los años 70 pueden encontrarse estudios que se enfocan en el potencial que ofrece el arbolado urbano en diferentes ciudades del mundo (Tyrväinen y Väänänen, 1998), los estudios realizados pueden ser clasificados en: enfocados en manejo e inventario a través de herramientas de información geográfica, riesgos del arbolado urbano (Davies, Doick, Hudson y Schreckenber, 2017; Patarkalashvili, 2017), análisis de las funciones del arbolado urbano en la mitigación del cambio climático (Brandt, Lewis, Fahey, Scott y Darling, 2016; Ordoñez y Duinker, 2014) y aquellos en los que se resalta el papel de la comunidad en el manejo del arbolado (Conway, Shakeel y Atallah, 2011). Un análisis de la densidad de árboles realizado y publicado en el año 2015 (Crowter et al. 2015) muestra la densidad de árboles a escala global realizando un análisis de aquellos países que tienen mayor cantidad de árboles por persona realizando una aproximación desde la densidad arbórea y calculándolo sobre el total de la población (Crowter et al. 2015) los resultados mostraron que mientras Arabia Saudita, Hong Kong e Israel tienen la menor cantidad de árboles por persona (1,4 y 2 respectivamente) Guayana, Canadá, Bolivia y Rusia son los países que más árboles por persona tienen (más de 1000) Colombia aparece en el listado con un (1) árbol por persona, lo anterior debido a la población del país (48 millones de personas a 2014) y la cantidad de árboles estimada para el estudio (Más de 51 mil millones de árboles en todo el país); si bien dicho estudio no está enfocado en el arbolado urbano, permite tener un acercamiento en términos de deforestación y ausencia de árboles en diversos países del mundo (Crowter et al. 2015) y de esta manera presenta un contexto

general del estado de los árboles en el mundo y aporta al modelo de estudio en el que se basa la presente investigación.

Otros estudios que han tratado de aproximarse al estado del arbolado urbano a partir de las percepciones de los habitantes, ha sido los planes de desarrollo municipales actuales, los cuales han logrado integrar el tema ambiental en sus lineamientos, en la ciudad de Bogotá por ejemplo, de acuerdo al último informe de la “Red Colombiana de Ciudades como Vamos- RCCCCV” (2016a) el 41% de los bogotanos están conformes con el equipamiento urbano de parques y zonas verdes de sus barrios, mientras que tan solo el 26% se encuentra de acuerdo con la cantidad de árboles que existe en la ciudad, de la misma manera existe un alto grado de inconformidad (porcentajes superiores al 50%) con el manejo de los residuos, la contaminación visual y auditiva y la contaminación hídrica (RCCCCV, 2016b). En ciudades intermedias como Pereira, en el informe de percepciones de *Pereira como vamos* mostró que las personas se encuentran satisfechas con la cantidad de zonas verdes (49%) pero que les gustaría que existieran más espacios de recreación como parques y zonas verdes (69%) (RCCCCV, 2016b) sin embargo, en cuanto al tema de árboles en la ciudad solamente el 35% se encuentra satisfecho con la cantidad de árboles distribuidos en la ciudad. En el contexto local del presente estudio, el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Cartago, ha tratado de consolidar un modelo de municipio en el cual las áreas verdes se integren con los desarrollos urbanísticos pero esta integralidad ha presentado falencias, lo anterior debido principalmente al hecho de que la mayoría de los árboles que se encuentran en las áreas urbanas del municipio tienen edades que sobrepasan los 100 años y han tenido poco o nulo mantenimiento lo cual se ve reflejado

en su estado fitosanitario y en las emergencias que se presentan debido a la caída de ramas de gran envergadura e incluso en el desprendimiento completo de algunos árboles en algunas zonas del municipio.

El manejo que se le ha dado al arbolado urbano no ha sido suficiente por parte de las administraciones, la Dirección de Ordenamiento Territorial y Ambiental, entidad encargada de realizar las labores de poda de árboles hasta el año 2015, recibía en promedio unas 33 solicitudes de poda o tala de árboles por parte de la autoridad ambiental (en promedio una petición al día), labor que sobrepasaba la capacidad institucional con la que se contaba por lo cual se generaban molestias y, en algunos casos, acciones legales en contra del municipio por dichos incumplimientos.

Preguntas Orientadoras

Con base en la información obtenida en el análisis anterior, muestra como el manejo del arbolado se constituye en un elemento muy importante dentro de las ciudades, dicho manejo debe responder a unas necesidades funcionales (de mitigación, estéticas, entre otras) que deben ser definidas antes de su implementación. De acuerdo con lo anterior, se espera que a través de esta investigación se generen lineamientos de planificación que permitan al municipio de Cartago mejorar sus procesos de manejo del arbolado urbano por medio de herramientas básicas como una base de datos arbórea que permita visualizar las características y variables de los árboles urbanos establecidos, de la misma manera proponer algunas estrategias que permitan una mayor integración del arbolado urbano del municipio al desarrollo urbano del mismo, teniendo en cuenta acciones que permitan la comunicación, la planeación conjunta y la coordinación de las

actividades entre los entes encargados de la planificación ambiental del municipio. Las preguntas de investigación que se esperan responder son: *¿Cómo ha sido el manejo del arbolado en el municipio de Cartago?, ¿Cuál es el estado actual del arbolado urbano del municipio de Cartago?, ¿Cuáles son los principales riesgos y conflictos territoriales que tiene el municipio debido al manejo del arbolado urbano?, ¿Cómo se puede evaluar la percepción de la comunidad en relación con el arbolado urbano?, ¿Qué lineamientos de planificación y gestión del arbolado urbano son los adecuados para mejorar la funcionalidad de los árboles del municipio?*

1.1 Objetivos

Objetivo general: Evaluar el arbolado urbano en espacio público del Municipio de Cartago, Valle del Cauca como estrategia para la identificación de riesgos y conflictos territoriales.

Objetivos específicos:

- ✓ Realizar una sistematización de la información disponible en el municipio de Cartago sobre el arbolado urbano a través de datos que indiquen su estado fitosanitario y el nivel de riesgo que representa para la comunidad.
- ✓ Identificar los principales riesgos y conflictos territoriales que se perciben en el municipio de Cartago, según los usos y prácticas que se le dan al arbolado urbano.
- ✓ Analizar las percepciones y la apropiación social de la comunidad en relación al arbolado urbano de la Ciudad de Cartago.

- ✓ Proponer lineamientos de planificación y gestión integral del arbolado urbano en el ordenamiento ambiental territorial de la Ciudad de Cartago.

2. Marco teórico

2.1. Aproximación a la planificación y manejo de los ecosistemas urbanos.

Los sistemas urbanos presentan una dinámica propia en la que interactúan elementos de diversa índole, es así como la naturaleza es uno de esos elementos; un análisis integral de los ecosistemas urbanos permitirá a futuro desarrollar estrategias y lineamientos que propendan por la funcionalidad de los mismos. Se espera que los aportes al desarrollo urbano se vean desde diferentes perspectivas, la primera de ellas es entender como el desarrollo urbano se ha convertido en una problemática debido a las dinámicas que ha tenido, en este sentido se presentan los enfoques del desarrollo urbano que más se adaptan a las crecientes necesidades de la ciudad y que pueden aportar valiosos elementos a los planificadores del territorio, por último se presentan algunos beneficios que el manejo del arbolado urbano genera. Lo anterior enmarcado en la gestión sostenible y la evaluación del arbolado urbano que representa el principal propósito del presente trabajo.

2.1.1 Problemática del Desarrollo Urbano.

Debido al incremento de la población humana, los paisajes naturales están siendo sustituidos por ambientes urbanos y suburbanos. Este crecimiento, genera cambios en los usos del suelo, con serias implicaciones sobre la biodiversidad y en general sobre la calidad del ambiente. Las ciudades representan los polos de desarrollo de las regiones, de

esta manera la ONU (2007) informo que para el 2007 el 35% de la población mundial vive en las ciudades y que si esta tasa de crecimiento poblacional continua este porcentaje aumentara a 50% en 2030 y 70% en 2050 (UN-HABITAT, 2008).

Así como la población dentro de las ciudades aumentan sus requerimientos de materia y energía lo hacen también, se estima que el 40% de todos los materiales que se extraen de los recursos del planeta se encuentran almacenados en la infraestructura de las ciudades, así mismo más del 40% del total de la energía que se produce en el mundo es utilizada dentro de los centros poblados y la mayor cantidad de residuos proviene de los mismos (Van Bueren, 2012); sin embargo, las ciudades representan los polos de desarrollo de las regiones, en donde se desarrollan las actividades de comercio y servicios, además de las principales fuentes de empleo; es así como, actualmente, es imposible desligar el contexto urbano del contexto ecológico. Algunos enfoques han estado en oposición del crecimiento urbano argumentando el hecho de la irrupción de este en el entorno natural, pero estos conceptos deben ser reevaluados y encontrar enfoques más íntegros que permitan el desarrollo de las ciudades y que a su vez respeten los conceptos ecológicos provistos por la naturaleza (Van Bueren, 2012). Es así como en el presente trabajo se pretende encontrar un enfoque que permita la integración de los componentes de la ciudad, en la siguiente sección se mencionaran algunos enfoques que podrían aplicarse al contexto del estudio.

2.1.2 Enfoques sobre el manejo de ecosistemas urbanos.

Como se mencionaba anteriormente, los enfoques basados en el manejo de la naturaleza en el arbolado urbano permiten integrar conceptos urbanos con el ambiente,

estos han sido estudiados por Bohemen (2012) quien realizó una aproximación a tres de estos enfoques desarrollados para el manejo de los ecosistemas urbanos, el primero de ellos se basa en las funciones ecológicas de los sistemas, la ciudad como hábitat de especies vegetales y animales. Este enfoque aunque es integral, presenta problemas por el hecho de que pone en un mismo nivel las necesidades y desechos humanos con otras especies que se encuentran inmersas en el sistema; un segundo enfoque que se basa en los flujos del sistema en términos de materia y energía, este enfoque ha sido más desarrollado por el área de la ingeniería ecológica (Odum, 1996) y aplica conceptos de sostenibilidad, huella ecológica y ciclo de vida; el último enfoque es biosocial y parte del hecho de que el ser humano puede tener un acercamiento al estudio de la interacción de las especies que cohabitan el sistema, así este enfoque prioriza al ser humano y lo ubica como ente “regulador” del sistema (Van Bohemen, 2012); los anteriores enfoques por si solos no constituyen un caso exitoso de desarrollo urbano sostenible, sin embargo dan claros elementos que permiten a los tomadores de decisiones una mejor planificación ambiental. Es así como para el presente estudio el enfoque biosocial presenta los componentes necesarios para convertirse en el modelo teórico mediante el cual este trabajo aportará elementos que permitirán una mayor integración entre los actores que tengan lugar en la toma de decisiones con respecto al arbolado urbano (lo que se presentará en los resultados del estudio).

2.1.3. Beneficios del manejo de los ecosistemas urbanos.

Además de la aproximación a los enfoques, es importante que se conozcan los elementos que componen los sistemas urbanos, es así como estos se pueden clasificar en

dos tipos (Van Bohemen, 2012): los componentes, que hacen referencia a aquellos que pueden intercambiar materia y energía con el entorno que son básicamente el componente abiótico (aire, agua, suelo) y el componente biótico (plantas y animales); y los procesos que son aquellos que hacen posible los intercambios de materia y energía como la fotosíntesis, la absorción de nutrientes, la producción primaria, entre otros (Van Bohemen, 2012). De la misma manera existen factores determinantes dentro de los procesos ecológicos en las ciudades, la jerarquía, la capacidad de resiliencia y resistencia, la forma de la ciudad entre otros que pueden dar mayor relevancia a los procesos ecosistémicos dentro de la ciudad (Van Bohemen, 2012; Milder, 2012; Van Bueren, 2012). Es por ello que las ciudades presentan patrones singulares de crecimiento y desarrollo, de esta manera y bajo la estricta mirada de la ecología pura, las ciudades pueden ser consideradas como los ecosistemas más perturbados del planeta (Breuste, 2004). De esta manera el enfoque biosocial apoya el hecho de que las ciudades son un sistema intervenido y que es el ser humano que actúa como catalizador de los procesos que ellas se desarrollan, así los elementos (componentes) que se encuentran en el sistema cumplen unas funciones (procesos) que contribuyen al bienestar de la comunidad y que deben ser preservados.

Los procesos de desarrollo urbano en muchas ciudades han permitido que estas tengan gran diversidad de condiciones naturales con patrones y procesos ecológicos similares a los que se dan en otras áreas naturales (Fernandez-Juricic, E. y Jokimaki, 2001). Estos procesos pueden ser de diferentes tipos; así Moreno y Hoyos (2015) mostraron como a través del decreto 1504 de 1998 en Colombia los entornos urbanos

tienen categorías que pueden diferenciar los elementos dentro de las ciudades, en esta clasificación se encuentran los elementos constitutivos naturales que son aquellos que dan el soporte natural a las ciudades y están conformados por: áreas de conservación de los sistemas orográficos y del sistema hídrico y las áreas de especial interés ambiental; los elementos constitutivos artificiales o construidos que son las áreas de los perfiles viales, peatonales o vehiculares así como las áreas articuladoras de los espacios públicos como los parques, las plazas o plazoletas; y por último los elementos complementarios entre los cuales se encuentra la vegetación de porte herbáceo, arbustivo y/o arbóreo y que hacen parte de la vegetación natural o intervenida (Moreno y Hoyos, 2015). De esta manera los fragmentos de bosques así como los árboles dispersos, que si bien pueden ser el resultado de la urbanización del campo también pudieron establecerse posteriormente con fines estéticos y de embellecimiento, se encuentran dentro de la clasificación mencionada y son susceptibles a una adecuada intervención y manejo. Además de mejorar la calidad de los ambientes urbanos, los árboles en las ciudades pueden también reducir los impactos de eventos meteorológicos graves, actuando como barreras de protección contra fuertes vientos y como reguladores climáticos en épocas de calor por el microclima generado por dichos ecosistemas. En este contexto se espera que con la presente investigación la arborización, debidamente concebida y administrada, se convierta no solo en un componente más de la infraestructura urbana, sino que sea vista como un sistema que proporciona una serie de beneficios para la salud, la recreación, el ambiente y la economía que garantizan un crecimiento urbano bajo criterios sostenibles.

2.2. Estado del Arte.

Son diversos los estudios que se han realizado que destacan la importancia del arbolado urbano, por ello en los siguientes ítems se realizará una aproximación a los temas más relevantes y que aportan información significativa al presente estudio y que sirvan de referencia para la posible aplicación de los lineamientos presentados en los resultados.

2.2.1. Casos de estudio en planificación arbórea urbana.

La integración de árboles en la planificación urbana se ha tenido en cuenta en diversas ciudades alrededor del mundo, sin embargo, no ha contado con los resultados esperados debido al incremento de la población, los espacios verdes están siendo marginados y reducidos en las ciudades (Tovar, 2006); En ciudades como Medellín gran parte de las áreas boscosas remanentes han desaparecido como producto de la urbanización (Sierra, 2012) esta dinámica ha generado zonas verdes aisladas con poca conectividad que comprometen el adecuado desarrollo de la flora y la fauna presente (Sierra, 2012) es solo a partir del desarrollo de herramientas de planificación ambiental urbana como las ciudades pueden realizar un adecuado manejo del arbolado urbano (Sierra, 2012), estudios similares se realizaron en 28 localidades en una ciudad de Chile (Ponce y Piedrahita, 2009), similar a lo planteado por Sierra (2012) el estudio mostro diversos esquemas de gestión y conservación del arbolado urbano, el resultado obtenido mostro que las evaluaciones y posteriores decisiones que se tomaron en la ciudad no fueron las más acertadas y que hay una deficiente gestión del arbolado en la mayoría de las localidades que se evaluaron, (Ponce y Piedrahita, 2009), así pues ambos estudios

muestran que el manejo del arbolado urbano requiere una planificación antes de la intervención con el fin de mantener la funcionalidad del sistema.

De otro lado, Tovar (2006) analizó el estado del arbolado urbano de la ciudad desde 1998 realizando un diagnóstico que incluyó las características de los árboles y que se constituyó en la base para la realización del inventario arbóreo como herramienta de planificación (Tovar, 2006), este análisis incluyó una identificación de instrumentos normativos que mostraron como en las diferentes corporaciones autónomas existen falencias que se ven representadas en el manejo del arbolado urbano; también se resalta la importancia del manejo de indicadores que permitan hacer una mejor gestión del arbolado urbano, estos indicadores van desde árboles por habitante hasta la cantidad de especies sembradas en la ciudad y sus características dendrometrías (Tovar, 2006); lo anterior a pesar de encontrarse enfocado hacia una ciudad grande puede aterrizar a un contexto más pequeño, es así como en Bucaramanga se realizó un estudio similar pero cuyo objetivo no fue un análisis multitemporal sino la identificación de los árboles (Vargas y Molina, 2007); ambos enfoques aportan información valiosa para el caso puntual del presente estudio, la importancia de los resultados obtenidos radica en la posibilidad de realizar el inventario del arbolado urbano (Tovar, 2006) y la posibilidad de clasificar los árboles en función de su origen si son nativos o exóticos (Vargas y Molina, 2007); Un aspecto relevante de ambos estudios es la identificación de la poca capacidad técnica de cada una de las administraciones en las diferentes ciudades para el manejo del arbolado urbano.

Siendo Bucaramanga y Pereira ciudades intermedias, presentan condiciones similares al área de estudio por lo que se hace relevante consultar la información sobre el manejo del arbolado urbano en ambas ciudades. En Bucaramanga, como se mencionó anteriormente, el estudio del arbolado urbano también arrojó resultados con respecto a la estructura ecológica principal (EEP) del municipio mostrando la deficiente función que los árboles inventariados están ejerciendo sobre la EEP (Vargas y Molina, 2007). En la ciudad de Pereira García, Ruiz, Ospina y Echeverry (2010) elaboraron un manual de silvicultura urbano en el cual realizaron un inventario de los árboles de la ciudad, diferenciándolos de acuerdo a su uso. El objetivo de esa investigación es similar al que se quiere alcanzar con el presente trabajo puesto que los resultados estuvieron enmarcados hacía unas recomendaciones de especies que podrían cumplir funciones importantes dentro de la ciudad y unos lineamientos que permitan tomar decisiones sobre el manejo del arbolado urbano (García et al, 2010).

2.2.2. Sostenibilidad urbana.

El Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2011) reconoce que las actividades generadas en torno a los centros urbanos (ciudades) producen una gran presión sobre el ambiente, en este sentido la preocupación actual es buscar el equilibrio entre el uso de los recursos actuales sin comprometer su uso posterior por generaciones futuras, este es el precepto que sigue el desarrollo sostenible (BID, 2011), de esta manera, se forja un ideal de lo que podría ser una ciudad sostenible en la que se integren los criterios sociales, económicos, institucionales y ambientales (BID, 2011).

En este sentido, estudios que propendan por determinar la sostenibilidad urbana han mostrado como a través del arbolado urbano se pueden mejorar las condiciones de la ciudad. Para entender el concepto de sostenibilidad urbana es necesario que se unifiquen los términos a utilizar en el tema, Konijnendij, Ricard, Kenney y Randrup (2006) realizan una comparación sobre los conceptos inmersos en el tema de arbolado urbano y como estos conceptos se han venido desarrollando en Europa y América, dentro de los resultados más relevantes del estudio está la definición de un amplio concepto de arbolado urbano que se puede considerar en sí mismo como un concepto multidisciplinario y amplio en el que deben tenerse en cuenta factores sociales, económicos y ecológicos (Konijnendij et al, 2006).

Continuando en esta misma línea Valenzuela (2009) realizó un estudio donde se analizaban las preocupaciones de un amplio círculo de actores en el tema de sostenibilidad urbana, como resultado se obtuvo que la sostenibilidad, si bien es un tema complejo, puede generar lineamientos e instrumentos que permitan a los tomadores de decisiones, hacer una gestión más eficiente en sus territorios (Valenzuela, 2009). Un análisis similar fue realizado por Pérez y López (2015) en la ciudad de Mérida (Yucatán) sobre la sostenibilidad urbana, en el cual los resultados mostraron diferencias entre la normatividad y el manejo que se le da al arbolado urbano en la ciudad, también como las áreas con árboles variaban de acuerdo a las características urbanísticas de cada zona (Pérez y López, 2015), de la misma manera Cantón, De Rosa y Kasperidus (2003) evaluaron la sustentabilidad del arbolado urbano de la ciudad de Mendoza, los resultados mostraron una alta presencia de población de árboles maduros y una insuficiente

renovación de especies, lo que hace necesario un manejo adecuado a través de un diagnóstico del estado actual (Cantón et al, 2003).

2.2.3 Manejo de árboles urbanos y áreas verdes.

Para que el arbolado urbano sea funcional y sostenible debe contarse con un manejo adecuado; el estado fitosanitario, el tamaño de los árboles y su ubicación en la ciudad son variables que pueden ser fácilmente tabuladas a través de un inventario (García, et al; 2010). Sin embargo, existen otras herramientas que han sido analizadas y que pueden servir de insumo para una adecuada planificación del territorio; de esta manera Tasoulas, Varras, Tsirogiannis, Myriounis (2013) desarrollaron una aplicación a través de un sistema de información geográfica, el objetivo de este estudio es ofrecer un insumo a los tomadores de decisiones que facilite el acceso en todo momento a la información detallada de cada árbol, las variables relacionadas, el estado fitosanitario entre otras Tasoulas et al, (2013). Es así como esta investigación soporta el desarrollo de la metodología del presente trabajo, de la misma manera y en términos de deterioro del estado de los árboles, Restrepo, Moreno y Hoyos (2015) realizaron un trabajo importante para lograr analizar la magnitud de la incidencia del deterioro progresivo en áreas verdes urbanas en el Valle de Aburrá y como las condiciones externas (factores exógenos y endógenos) afectaron el desarrollo de los mismos, en este sentido el estudio incluyó más de 25 zonas representativas y los resultados mostraron una tendencia hacia el deterioro progresivo de algunas especies, variable que puede ser observada a través del cambio (disminución) de sus características dendrométricas (diámetro, altura), de la misma manera el lugar y la ubicación precisa del árbol en la zona pueden resultar claves para

determinar el grado de intervención de factores externos en su deterioro (Restrepo et al, 2015). Lo anterior puede fácilmente resaltar la importancia de determinar primero un adecuado inventario de los árboles y segundo una evaluación de las condiciones fitosanitarias de los mismos con el fin de tener procesos de planificación ambiental del territorio más sostenibles a largo plazo, que es el propósito del arbolado urbano en el municipio de Cartago (zona de estudio) así se destaca la importancia de desarrollar herramientas locales que permitan una integración del territorio lo cual conlleva a una mejora palpable en la calidad de vida de los habitantes y en diversos beneficios que el arbolado urbano trae consigo, lo anterior se demuestra a través de estudios realizados que resaltaron la importancia del arbolado urbano utilizando la consulta a más de 300 profesionales expertos en el tema provenientes de diferentes países (Sorensen, Barzetti, Keipi y Williams, 1998). Así mismo y teniendo en cuenta el uso de las herramientas disponibles, López y Castillo (1999), realizaron un levantamiento de información a través de una base de datos en la que evaluaron las características de cada individuo arbóreo de la ciudad de Linares en los años de 1995 y 1999, esta continuidad permitió observar en detalle los cambios transcurridos en un lapso de cuatro (4) años, los resultados hicieron énfasis en la importancia de los inventarios urbanos y la posibilidad de tomar mejores decisiones con respecto al manejo del bosque urbano (López y Castillo, 1999) que es una de las metas más importantes del arbolado urbano y que se logrará con la implementación de los lineamientos planteados en la presente investigación.

2.2.4 Servicios Ambientales del arbolado urbano.

Además de la importancia de los árboles como estructura ecológica en los centros urbanos, los nuevos enfoques de investigación están dando mayor relevancia a los servicios ambientales que el arbolado urbano presenta a la sociedad. Reyes y Gutiérrez (2010) por ejemplo, establecieron algunos lineamientos que muestran como el manejo adecuado de los árboles puede garantizar la conservación de los servicios ambientales que estos prestan, las conclusiones del estudio muestran que es posible la integración de las variables de manejo con un aprovechamiento sostenible de los espacios verdes de las ciudades (Reyes y Gutiérrez, 2010).

En Colombia el tema ha sido desarrollado desde el año 2000 cuando Wiesner describió las funciones del arbolado urbano en Bogotá y encontró que dentro de ellas se encuentran: la captura de carbono y partículas en suspensión, control de la erosión y estabilización de taludes, el enriquecimiento del suelo, la regulación climática, la protección de cuerpos de agua, la conformación de barreras físicas y visuales que protegen del viento entre otras (Wiesner, 2000); estas funciones contribuyen al mantenimiento y conservación de los servicios ecosistémicos. Teniendo en cuenta las funciones del arbolado urbano, Acuña (1999) enfocó su investigación en la recomendación de especies forestales que se adaptan adecuadamente en cada sitio, estableciendo las características del suelo como variable importante para prevenir daños que podrían causarse a largo plazo en estructuras urbanas. La investigación realiza una importante contribución sobre la arborización y su influencia sobre las estructuras urbanas, y sus resultados están enfocados en la determinación de la idoneidad de cada

especie para ser sembradas en áreas de importancia ambiental (Acuña, 1999). En ciudades de condiciones particulares como las que se encuentra en el área de estudio, la importancia de la evaluación de los beneficios prestados por el arbolado se encuentran en función de la percepción de la comunidad, en este sentido se hace importante dar a conocer las funciones que presta el arbolado, como este influye en la sensación de frío o calor en exteriores y sobre todo como pueden mitigarse los efectos de la mala planificación y manejo del arbolado que ha generado problemáticas que se describirán más adelante. De la misma manera, Flores y González (2010) proponen una clasificación de áreas verdes de acuerdo con las necesidades y requerimientos de la ciudad teniendo en cuenta la planificación ambiental del territorio, de esta manera el estudio complementa la idea de que para lograr la conservación del arbolado urbano es necesario una visión integral de las variables económico, ambiental y social y que estas interrelaciones van a garantizar un mantenimiento de los servicios ecosistémicos (Flores y Gonzales, 2010).

2.2.5 Riesgos y conflictos territoriales alrededor de la estructura arbórea.

Si bien el arbolado urbano tiene unas funciones asociadas a los servicios ecosistémicos, también se constituye en un riesgo para la población si el manejo al que se le ha dado tanto énfasis en estudios revisados, no se realiza de manera adecuada. En este sentido Sierra (2012) considera que los conflictos más relevantes asociados al arbolado urbano corresponden al hecho de que prima la estética sobre la funcionalidad, es decir, las labores de manejo del arbolado con fines de embellecimiento de la ciudad están por encima del bienestar de la flora y la fauna asociada a los árboles, es así como las labores que se derivan del manejo se realizan de manera inadecuada realizando podas y cortes

poco funcionales (Sierra, 2012), lo anterior puede derivarse en un riesgo potencial para los transeúntes y habitantes de la zona. En la ciudad de Neiva Perdomo y Díaz (2015) realizaron un diagnóstico sobre el estado del arbolado urbano coincidiendo en muchas de sus afirmaciones lo que se muestra en el presente trabajo, un aspecto relevante de dicho diagnóstico radicó en la identificación de problemáticas asociadas al arbolado urbano, lo anterior debido al cableado eléctrico y telefónico de la ciudad, de la misma manera se realizó un diagnóstico del estado fitosanitario de los árboles encontrando problemas asociados a ataques por hormigas y hongos (Perdomo y Díaz, 2015). En cuanto al estado físico de los árboles se encontró que el mayor daño se deriva de las prácticas inadecuadas de poda que se han llevado a cabo en la Ciudad de Neiva, así mismo se han presentado daños en los andenes y redes de alcantarillado debido a las raíces de los árboles que se encuentran asociados (Perdomo y Díaz, 2015).

En síntesis, los estudios de caso demuestran que existe un interés creciente por el tema del arbolado urbano desde los enfoques conservacionistas hasta los enfoques de desarrollo urbano, de esta manera se hace importante el enfoque que se le dé desde los entes territoriales al manejo de los árboles en la ciudad, así como la funcionalidad que estos deben cumplir teniendo siempre presente el concepto de la sostenibilidad urbana, los beneficios ambientales que prestan y sobre todo el bienestar sobre la población de la ciudad.

3. Marco metodológico

3.1. Descripción del área de estudio.

El área de trabajo corresponde al actual perímetro urbano del Municipio de Cartago, Valle del Cauca, en el cual se realizaron los recorridos sistemáticos y la captura de datos, como se muestra en la figura 1.

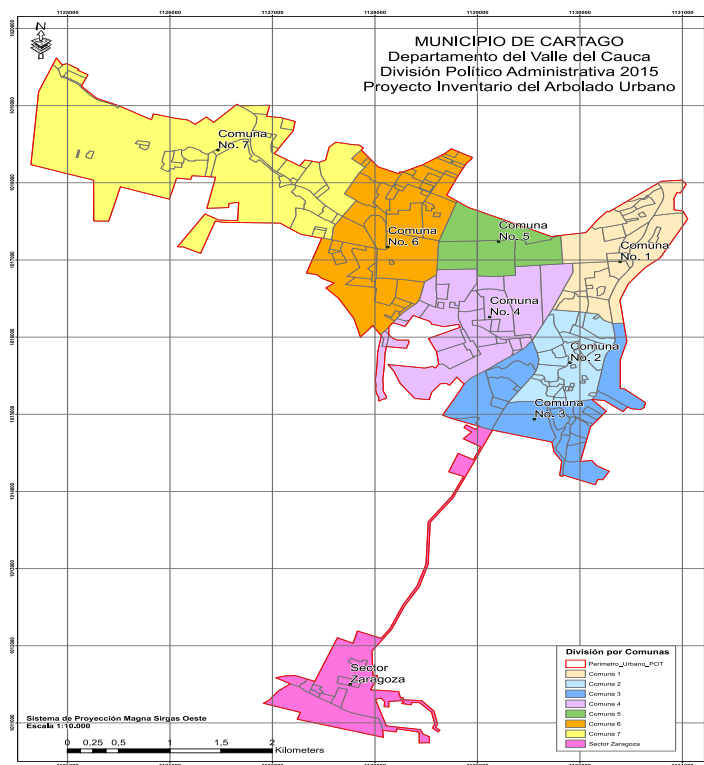


Figura 1. Delimitación del área de trabajo: Perímetro urbano del Municipio de Cartago

Fuente: Planeación Municipal de Cartago, 2015

3.2. Generalidades del Municipio de Cartago.

El municipio de Cartago se encuentra ubicado al norte del Departamento del Valle de Cauca, a orillas del río la Vieja que al mismo tiempo sirve de límite con los Departamentos de Risaralda y Quindío; el municipio cuenta con una extensión de 279

km², una altitud media de 917 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24°C. Fundada el 9 de agosto de 1540, sobre un territorio plano y ondulado, se constituye como uno de los municipios de más antiguo linaje en Colombia, su fundador fue el Mariscal Jorge Robledo. Sus actividades económicas principales son la agricultura, la ganadería, el comercio y la industria. La población total del municipio es de 134.439 Habitantes (Planeación Municipal de Cartago, 2015), la cual según el POT se agrupa en un 99% en la zona urbana del municipio, esto representa cerca de 133.920 habitantes; el perímetro urbano posee 12,66 km² de extensión y circunscribe siete (7) comunas y una “Zona Urbana Especial” (Zaragoza); en total son 197 barrios los que conforman el territorio urbano.



Figura 2. Ubicación del Municipio de Cartago en el contexto nacional

Fuente: Planeación Municipal de Cartago, 2015

3.3 Descripción del enfoque investigativo.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y cualitativo, en el cual se realizó una recolección de información primaria y revisión secundaria con proyección fundamentada en la toma, medición y análisis de datos, que para el caso de la investigación se proporcionó a partir de la caracterización del arbolado urbano con el apoyo de un grupo técnico especializado de la Universidad Tecnológica de Pereira. La investigación fue de tipo descriptiva, porque pretendió identificar los impactos ambientales y sociales como consecuencia de una mala organización y planificación del arbolado urbano enmarcados en las condiciones de la investigación.

Como proceso fundamental para el desarrollo de la ruta metodológica, se realizó una recopilación de información, tanto de carácter básico con variables geográficas, demográficas, socioeconómicas, entre otras, (conocimiento del área de trabajo), que permitió la identificación y delimitación adecuada de la misma, así como de elementos de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, entre otros elementos, que alimentaron los principios y criterios que componen el proceso metodológico.

Se consultaron distintas fuentes de carácter local, regional y nacional para gestionar y recopilar la información existente relacionada con el tema, verificar los elementos relacionados, estandarizarlos, procesarlos y utilizarlos durante el desarrollo de la investigación, se requirió información básica del territorio, como aquella relacionada con el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible.

Se realizó un acercamiento directo y personal a través de entrevista, para poder abordar el conocimiento y los elementos articuladores y así mismo la identificación de

actores y de información relevante, de manera tal que se pudo obtener información importante y valiosa para la investigación por medio de un análisis de las percepciones y apropiación social, enfocándolo hacia un adecuado desarrollo sostenible de los recursos naturales en la ciudad de Cartago y sus entornos urbanos.

3.4. Descripción de la caracterización del arbolado urbano de Cartago.

El trabajo de investigación se realizó en el marco del Contrato Interadministrativo No. 12-111 de 2015 entre el Municipio de Cartago y la Universidad Tecnológica de Pereira, mediante el cual se desarrolló el inventario del arbolado urbano en espacio público del casco urbano del municipio de Cartago, Zaragoza y el corredor vial que los comunica; con brigadas propuestas para tal fin compuestas por dos profesionales y un técnico, quienes mediante el empleo de equipos de telefonía celular con aplicaciones móviles y el uso de distanciómetros laser, se realizó el levantamiento de la información taxonómica, morfométrica, de estado de vida en campo, afectaciones fitosanitarias y foto registro de cada individuo inventariado, registrándose 10.898 individuos arbóreos distribuidos en 195 especies pertenecientes a 56 familias botánicas. La propuesta metodológica consistió en procesar la información georeferenciada derivada del trabajo en campo y construir con esta información estadísticas que permiten conocer datos importantes para la investigación, además de la construcción de algunos mapas temáticos del proyecto.

3.5. Población vegetal objetivo de estudio.

Se seleccionó como objeto de estudio la comunidad vegetal presente en el área de trabajo bajo la premisa de que tuvieran al menos 5 cm de diámetro a la altura del pecho - DAP- y 2 m de altura, que se encontraran en las zonas de espacio público, involucrando el componente arbóreo, arbustivo, herbáceas de larga vida y palmas.

Las variables que se tuvieron en cuenta para la realización del inventario del arbolado urbano del municipio de Cartago (de cada árbol: Coordenadas, Familia, nombre científico, nombre común, origen, uso, altura, diámetro, evaluación fitosanitaria e identificación de riesgos); estas variables permitirán la evaluación de los beneficios ambientales bajo criterios sostenibles para garantizar un manejo adecuado de la arborización.

Esta información se complementó en oficina con la identificación del taxón, las necesidades de tratamiento agronómico y/o cultural que se requería según la observación realizada en campo, la Familia botánica a la que pertenecía cada especie y se corroboraron los nombres comunes (con los más vernáculos de la región).

Además se estudiaron las siguientes variables en el trabajo de campo:

- ✓ Conflictos más relevantes relacionados con cableado aéreo, por levantamiento de pavimento y por siembra en espacio reducido.
- ✓ Estado físico y fitosanitario de los árboles inventariados.
- ✓ Indicadores per cápita del arbolado urbano en Cartago (árboles por habitante en Cartago y árboles por habitantes por comuna).

- ✓ Análisis de riesgos de los árboles urbanos de Cartago (riesgos a la población y la infraestructura).

3.6 Sistematización de datos.

Los datos producto del recorrido y trabajo en campo, se sistematizaron mediante dispositivos móviles con una aplicación gratuita (Nombre de la aplicación poniéndole ®) para la creación de bases de datos, en la que se almacenaron los registros y fotos de cada individuo. Al final de la jornada de trabajo se realizaba un proceso de migración de los datos de los dispositivos a un espacio virtual o “nube”, en este caso empleando las aplicaciones de Google para su almacenamiento seguro, poder manipularlos simultáneamente desde varios equipos y liberar la memoria de los dispositivos móviles para la siguiente jornada de trabajo.

Una vez subida a la nube, la información era revisada por los encargados de la taxonomía y del manejo del Sistema de Información Geográfico -SIG-, para su posterior adecuación, actualización, retroalimentación a las brigadas y ajustes pertinentes, mediante unos documentos compartidos y de acceso por parte del equipo de trabajo. De esta gran matriz de información se realizaba una copia en Excel que permitía su fácil manejo y depuración parcial mediante filtros para poder generar informes más detallados, con los campos que se desearan visualizar de forma organizada, sistemática y de fácil manejo.

Capítulo 2

Abordaje empírico y caracterización del arbolado urbano

4. Abordaje empírico

4.1. Caracterización y diagnóstico del arbolado urbano.

Se inventariaron en las zonas determinadas como espacio público para la ciudad un total de **10.898 individuos leñosos**; se encontró una comunidad vegetal de carácter heterogéneo, disetáneo y poco ordenado como se muestra en la figura 3, en muchos sectores entre mezcladas las especies de árboles y palmas, al igual que sin orden de tamaños.

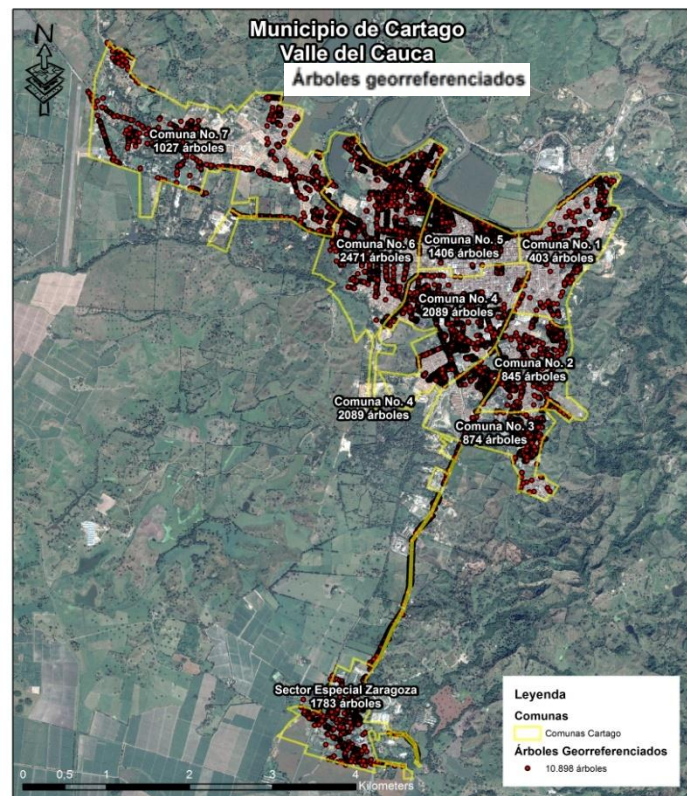


Figura 3. Mapa georeferenciación árboles inventariados

Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira y Planeación Municipal de Cartago, 2015

En total se obtuvieron **10.898** individuos arbóreos en el espacio público de la ciudad de Cartago, dato último al corte del día 29 de Octubre de 2015 cuando se realizó la última actualización de las brigadas de campo.

De este total de individuos de todas las especies, se hace notable la abundancia de las especies: Acacia amarilla, Ébano ornamental, Matarratón, Palma areca y Swinglea (todas exóticas) y Samán (Nativa). Para un total de **5.663** individuos entre estas **6** especies correspondientes al **51,96%** del total del inventario. Mostrando una tendencia a la simplificación del sistema del arbolado actual, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. *Especies con mayor abundancia en el inventario*

Nombre común	Familia	Hábito	Datos taxonómicos	Origen	Frecuencia	%
Acacia amarilla	Fabaceae	Árbol	<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	Exótica	814	7,469
Ébano ornamental	Fabaceae	Árbol	<i>Geoffroea spinosa</i> (Jacq.)	Exótica	2.435	22,344
Matarratón	Fabaceae	Árbol	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Exótica	499	4,579
Palma areca	Arecaceae	Palma	<i>Dypsis lutescens</i> (H.Wendl.) Beentje & J. Dransf.	Exótica	706	6,478
Samán	Fabaceae	Árbol	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merrill.	Nativa	746	6,845
Sunglia	Rutaceae	Árbol	<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Exótica	463	4,248
TOTAL					5.663	51,96

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Distribución de la flora urbana.

En la tabla 2 se indica parte de los resultados del inventario general, en donde las dos comunas con mayor número de árboles son la Comuna No. 6 (2.471) y la Comuna No. 4 (2.089), y las dos comunas con menor cantidad de árboles son Comuna No. 1 (403) y Comuna No. 2 (845). En el número de árboles por hectárea refleja un indicador importante en el ámbito de las comunas, ya que este indicador puede direccionar las acciones para densificación o siembra de árboles en el municipio específicamente al interior de cada una de las comunas. Las comunas con mayor número de árboles por hectárea son la comuna No. 5 y Zaragoza, y las que cuentan con menos árboles por hectárea son comuna No.1 y 7. Las comunas que tienen mayor número de especies son la Comuna No. 6 (119) y la Comuna No. 5 (106) (más de la mitad del total de especies encontradas en el inventario). Todas las comunas cuentan con más de 50 especies, indicando una variabilidad importante, aunque, como ya se mencionó, hay una gran variedad de especies que solo cuentan con uno o dos individuos, y siempre predominando 6 especies alrededor de toda la ciudad.

Tabla 2. *Distribución de la flora urbana por comuna*

Nombre comuna	Número de árboles	Número de árboles por ha.	Número de especies
Comuna No. 1	403	3	50
Comuna No. 2	845	8	85
Comuna No. 3	874	8	72
Comuna No. 4	2.089	12	99
Comuna No. 5	1.406	19	106
Comuna No. 6	2.471	10	119
Comuna No. 7	1.027	3	81
Sector Especial Zaragoza	1.783	17	92
Total	10.898	80	704

Fuente: Elaboración Propia

Gráficamente en la figura 4 puede observarse la densidad de árboles por comuna, el color rojo indica mayor cantidad de árboles en dicha zona mientras que los colores naranja, verde y amarillo indican menor presencia de arbolado (# de árboles por unidad de área) en comparación de las zonas que no tienen ningún color que son las zonas en donde no hay árboles en el municipio.

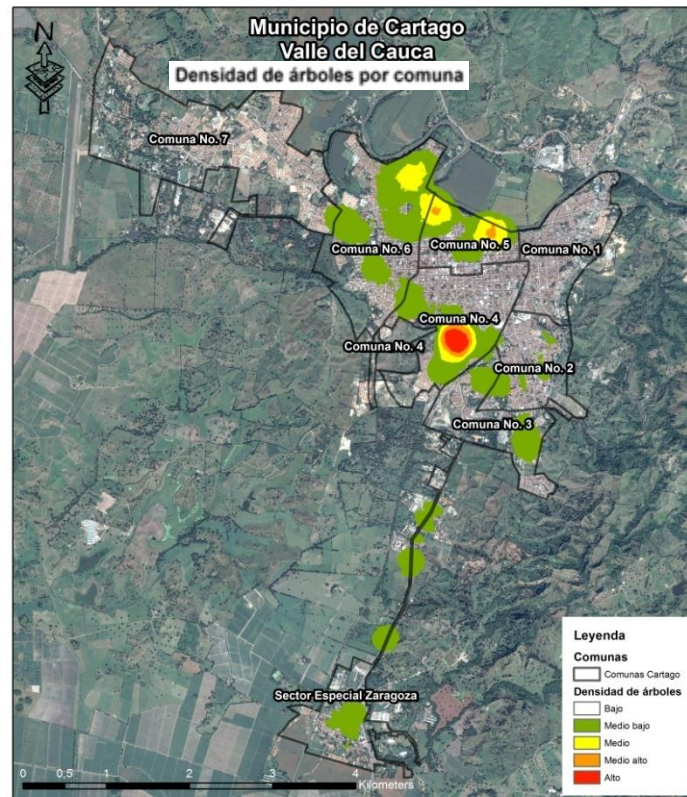


Figura 4. Mapa densidad de árboles por comuna

Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira y Planeación Municipal de Cartago, 2015

Los usos de las especies plantadas se observa en la tabla 3 y la figura 5, en su mayoría las especies han sido sembradas como ornato de la ciudad por su floración, su follaje o como sombrío que mitiga los efectos de las altas temperaturas en la ciudad. Existen algunos casos puntuales de especies frutales sembradas por la comunidad en espacios públicos.

Tabla 3. *Distribución de especies inventariadas de acuerdo al uso*

Uso	No. De Especies	%
Artesanía	1	0,51
Barrera	1	0,51
Frutal	33	16,92
Medicinal	3	1,54
Ornato por flor	49	25,13
Ornato por follaje	53	27,18
Maderable	12	6,15
Protección de suelos	34	17,44
Sombrío	9	4,62
TOTAL	195	100,00

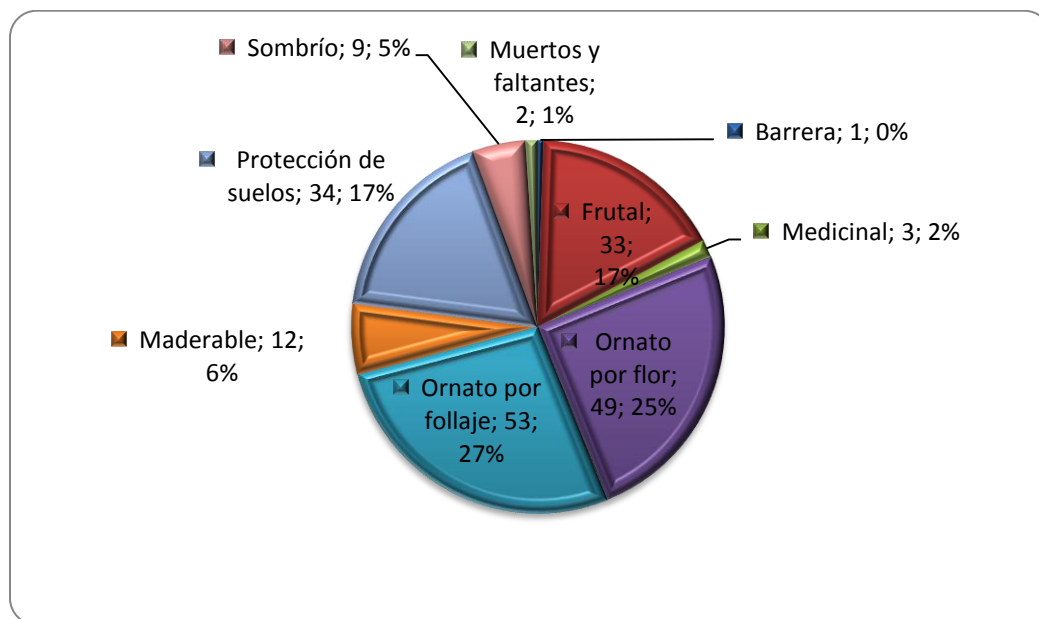


Figura 5. Distribución porcentual del número de especies inventariadas de acuerdo al uso

Fuente: Elaboración propia

Este fenómeno de un orden desprolijo en algunos sectores se ve claramente marcado por la influencia de las comunidades rurales que han migrado a la ciudad y que

para sentirse aún en un espacio productivo, siembran frutales, como Aguacates (*Persea americana*), Cítricos (*Citrus spp*), Guanabanos (*Annonamuricata*), Guayabas (*Psidium spp*), Mango (*Mangifera indica*) etc, que terminan desdibujando la intención paisajística del municipio.

Los árboles de la ciudad no solo son importantes por su cantidad, como de forma corriente se ha manejado, éstos árboles también son importantes por la calidad y la función que cumplen en el mejoramiento del paisaje urbano, situación que debe ser coordinada con los actores identificados que realizan manejo del parque arbóreo, especialmente con manejo de redes de servicios públicos aéreas, siembras, talas y podas, como se observa en la figura 6.



Figura 6. Árbol sobre andén mal podado generando riesgo de volcamiento

Los árboles urbanos de la ciudad de Cartago son una comunidad vegetal plantada dentro de los espacios públicos, generalmente orientada a la creación de sombrío, de los espacios abiertos, como de pequeñas sombras al frente de las viviendas.

De acuerdo a su sitio de plantación cruzado con los espacios públicos de la ciudad, se encuentra una distribución de la siguiente forma en la tabla 4:

Tabla 4. *Distribución de individuos leñosos de acuerdo a su área de emplazamiento*

Area	No. de Individuo	%
Andén	4.742	43,513
Escenario deportivo	192	1,762
Parque	2.552	23,417
Plaza o plazoleta	26	0,239
Punto de referencia	18	0,165
Separador	1.369	12,562
Vía peatonal	1.299	11,920
Vía vehicular	643	5,900
Zona de sesión	57	0,523
TOTAL	10.898	100

Esto indica que poco menos de la mitad de los individuos están ubicados en los andenes de la ciudad, para dar sombrío a las viviendas; en parques se encuentra casi la cuarta parte del total de individuos y otro gran bloque se encuentra ubicado a lo largo de los separadores viales, teniendo en cuenta que se inventarió el corredor vial entre Cartago y Zaragoza.

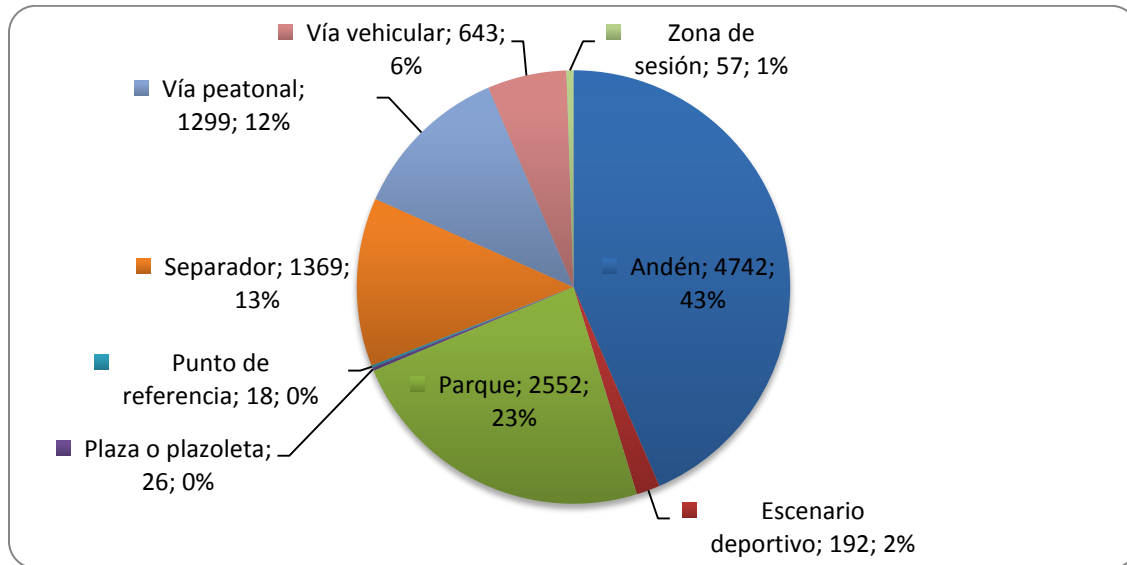


Figura 7. Distribución porcentual de individuos inventariados de acuerdo al lugar de emplazamiento

Se encuentra una gran disparidad y diversidad de especies en un mismo sector de la ciudad, esto generado por un fenómeno particular que es la apropiación de las personas de las áreas de espacio público, que toman el proceso de arborización por sus manos sin un conocimiento técnico inicial, esta práctica, hasta el momento, no ha generado mayores inconvenientes dado que la especie más común utilizada es el Ébano ornamental, la cual es muy dócil y fácil de manejar, generando poca incidencia por su altura y/o necesidades de poda. Las actividades de manejo, en la mayoría de los casos, son cubiertas por muchos de los propietarios responsables de la siembra, que, de otra manera, serían una fuente de conflictos, generación de problemas y sobre costos para el municipio.

De otro lado, dentro del arbolado urbano del municipio también se han encontrado árboles de gran envergadura que fueron plantados sin tener en cuenta las dimensiones ni el tamaño final de los mismos; estos árboles usualmente se encuentran

sembrados en la zona frontal de las casas y en algunos casos en las zonas peatonales empedradas, como se observa en la figura 8. Debido a la cercanía con las viviendas y al tamaño de los árboles en un futuro podrían causar daños y generar riesgos para la integridad de las personas y de las viviendas, también, en algunos casos los árboles son utilizados a modo de estructura causando la muerte de los mismos.



Figura 8. Árboles en espacio público sembrados muy cerca de infraestructura y encerrado con mampostería por la comunidad

4.3. Conflictos más relevantes.

Casi la quinta parte de los árboles de la ciudad (21,91%) presentan conflicto en mayor o menor grado con las redes para la prestación de servicio público eléctrico y de telecomunicaciones; lo anterior debido al desarrollo altitudinal de los individuos y del desarrollo lateral de ramas de los mismos. Muchas veces se generan procesos de

establecimientos simultáneos que terminan yuxtaponiendo los árboles con los recorridos de las redes, incluso algunas veces se encontraron individuos que son empleados a modo de postes para mantener elevadas las redes. A pesar de la normatividad en la mayoría del muestreo fue claro que las líneas aéreas no están a una altura adecuada, encontrándose sectores con estas a menos de dos (2) metros de altura donde cualquier persona las puede manipular sin necesidad de ningún elemento para ganar altura, se puede observar este conflicto en la figura 9.



Figura 9. Individuos que presentan conflicto con cableado aéreo

La siembra en espacio reducido conlleva a una cantidad de conflictos que en primera instancia pueden afectar la existencia del mismo individuo arbóreo debido a que sus raíces se encuentran abruptamente confinadas lo que impide la toma adecuada de nutrientes y el desarrollo adecuado del espécimen. La siembra en espacios reducidos también puede generar a futuro volcamiento de los árboles, lo que podría afectar

infraestructura aledaña e incluso la vida de peatones o habitantes cercanos a su lugar de emplazamiento, como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Ébano con emplazamiento en espacios reducidos

Se evidencia que en todas las comunas se presentan problemas con cableado aéreo; en este sentido la comuna 6, Zaragoza y la comuna 7 es donde se encuentran muchos árboles con este conflicto; por el contrario las comunas 1 y 2 presentan menos conflictos en este sentido. En la ciudad hay un total de 2.389 árboles (22% del inventario) que presentan algún tipo de conflicto con el cableado (eléctrico o de otro tipo), lo que indica una mala planificación en la siembra y también a la hora de establecer las líneas eléctricas ya que en muchos casos no se respetaron los árboles que ya estaban sembrados.

Los conflictos por levantamiento de pavimento se muestran por comuna en la tabla 5, esta problemática se presenta debido a un inadecuado emplazamiento del árbol que genera que las raíces hagan presión y quiebren el pavimento que rodea su lugar de siembra; adicionalmente los árboles también sufren algún tipo de daño en raíces y en su crecimiento e incluso falta de nutrientes. Las comunas donde se presenta con mayor intensidad este fenómeno son la 5 y la 6; de la misma manera ambas comunas presentan conflictos por espacio reducido también, y a su vez cuentan con mayor cantidad de individuos que presentan este conflicto.

Se encontró una cantidad de 103 (0,94%) individuos que están muertos en pie, por lo cual se debe determinar un conjunto de acciones de carácter urgente para desarrollar ya que la caída del árbol completo o de sus partes es un factor inminente de riesgo que puede causar accidentes y daños a infraestructuras, vehículos, o persona; se estima que el daño por la caída de un árbol o sus ramas es equivalente a su altura más un 20% que corresponde al área donde pueden esparcirse fragmentos de las ramas.

Tabla 5. Conflictos más relevantes de los árboles por comuna

Comuna	No. de árboles Cableado aéreo	No. de árboles Levantamiento de pavimentos	No. de árboles Espacio reducido	No. de árboles Muertos en pie
Comuna No. 1	118	31	3	4
Comuna No. 2	150	25	2	10
Comuna No. 3	207	15	14	14
Comuna No. 4	303	33	30	6
Comuna No. 5	291	174	93	20
Comuna No. 6	618	181	163	31
Comuna No. 7	314	28	18	6
Sector Especial Zaragoza	388	52	5	12
TOTAL	2.389	539	328	103

Fuente: Elaboración Propia

En general, las acciones de manejo como fertilizaciones podas y talas, se encuentran cubiertas por cuatro grupos o tipos de personas que son: propietarios de predios aledaño al espacio público donde se encuentra el árbol, contratistas encargados de esta actividad en supervisión de la Oficina de Medio Ambiente, particulares que ofrecen el servicio y son contratados por personas de la comunidad aledaña, la empresa de energía y alumbrado del municipio que también realizan podas a los individuos que se entre cruzan con los cableados de su propiedad,. En muchos de los casos anteriores dichas acciones se ejecutan sin ningún manejo técnico adecuado, lo que genera un impacto visual negativo y se acrecienta por el de carácter recurrente de podas mal realizadas en los mismos individuos.

Para una intervención de corto plazo se encontraron también 174 (1.59%) individuos, los cuales son árboles que por una u otra razón han sido talados y no se

realizó su reposición, éstos fueron catalogados como faltantes. Finalmente, se encontraron 71 (0,65%) individuos senescentes o próximos a morir, como se observa en la figura 11, a los cuales de forma urgente se requiere una fertilización para tratar de revertir la muerte parcial que presenta y que pueda incidir en la recuperación del individuo.



Figura 11. Palma zancona muerta en pie usada como poste

4.4. Estado físico y fitosanitario del arbolado urbano.

A pesar del estrés hídrico que se podría presentar en el municipio por la alta temperatura ambiente que se registra, y que a su vez dificultaría el movimiento y absorción de nutrientes del suelo, los individuos en términos generales presentan una buena salud con baja incidencia de ataque por hongos, los follajes presentan poca clorosis (amarillamiento) que indique deficiencia de nutrientes.

Básicamente las afectaciones encontradas corresponden al ataque por insectos como los defoliadores (Hormiga arriera) y por los deficientes cortes en los troncos y ramas que generan una mala cicatrización, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. *Afectaciones fitosanitarias registradas en los árboles inventariados*

*Afección	No.Individuos	%
Hongos	4	0,04
Hongos, Epífitas	2	0,02
Insectos	76	0,70
Insectos, epífitas, parásitas	1	0,01
Insectos, epífitas	25	0,23
Insectos, epífitas, parásitas	1	0,01
Antrópico	20	0,18
Antrópico, epífitas	6	0,06
Antrópico, insectos	1	0,01
Ninguno	9.583	87,93
Epífitas	1.077	9,88
Epífitas, parásitas	18	0,17
Herbáceas	1	0,01
Parásitas	83	0,76
TOTAL	10.898	100

**Nota:* Aquí no se tuvieron en cuenta las afectaciones antrópicas por poda inadecuada

Entre las afectaciones causadas por insectos que se registran con mayor frecuencia se encontró el ataque por hormiga arriera, la cual defolia el individuo parcialmente, pero en los árboles juveniles puede llegar a ser una defoliación total, generalmente esta acción no genera la muerte del individuo pero si lo compromete estéticamente. La segunda afección generalizada es en las palmas por ataque de un

coleóptero, llamado picudo (*Rhynchophoruspalmarum* L.), que causa la muerte de la palma desde su extremo apical, y generalmente es irreversible, causando la muerte de los mismos, esta última se evidenció solo en dos casos y no parece haberse diseminado de forma efectiva.

Otra afectación que abunda en el arbolado de la ciudad es la presencia de un Hongo llamado fumagina o fumachina, (*Capnodiumsp.*) que genera una acumulación negra en las palmas y en los árboles con hojas de larga vida tipo Myrtaceas y sapotaceas especialmente, esta afectación en si no es letal pero si no se trata si genera debilitamiento de la planta por reducción de la superficie fotosintética de la misma, además da muy mala apariencia a los individuos los cuales toma de hospedero; para la gente del común esta afectación es asumida como el depósito de la contaminación o smog del aire sobre las plantas.

Con una incidencia más amplia pero daños mucho menores en cuanto a la vida del individuo, se encuentran los insectos defoliadores como Hormiga arrieras y los insectos chupadores como chinches y membrácidos, algunos áfidos y conchas, que en los individuos adultos no generan un daño que amerite. Finalmente, las cavidades generadas por daños previos antrópicos o naturales son colonizadas por insectos como hormigas, termitas, abejas y avispas que establecen su hogar allí, que son de fácil manejo mediante la cicatrización adecuada de dichas heridas.

Los árboles en términos generales presentan patrones aleatorios y disetáneos en el municipio, lo que no permiten hacer una interpretación de acuerdo a los rangos de DAP encontrados, como si se tratara de un bosque natural, ni en términos de las alturas totales

de los individuos ya que este dato es totalmente manipulable mediante las labores de podas, salvo los árboles presentes en parques y plazas. Las especies con mayor porte y tamaño lo constituyen los Samanes (*Samanea saman*), Mangos (*Mangifera indica*) y Piñones de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*), las especies más altas son las palmas Zanconas (*Syagrus zanonca*) y la Cubana (*Roystonea regia*). Las especies que requieren mayor cantidad de manejo por podas de forma recurrente son los Matarratón (*Gliricidia sepium*) y el Ébano (*Geoffroea spinosa*).

Si bien el porcentaje de afectación en los árboles se encontró en un nivel bajo, en el municipio, se encontraron unos ejemplos de mal uso del parque arbóreo bastante notorio que afecta la salud de los árboles como se observa en la figura 12.



Figura 12. Ébano empleado como poste ilegal; Ébano empleado como perchero, y Almendros empleados como columnas de soporte

Se encontraron también daños por acción antrópica por mal manejo de los mismos, entre estas se hallaron las quemaduras de residuos vegetales cerca de los árboles y en general por falta de cultura para el cuidado de los árboles, se observa en la figura 13.



Figura 13. Samán afectado por las llamas de una quema en su base (izq); Ceiba con daños durante la construcción del andén (der)

En cuanto a relaciones biológicas entre especies vegetales se encontró una relación de parasitismo de una especie de Loranthaceae (*Phthirusapyrifolia* Kunth) conocida popularmente como “suelda” sobre los Almendros; de la misma manera existe una amplia colonización de plantas epífitas, principalmente una cactácea llamada Disciplina (*Disocactus ramulosus* (Salm-Dyck) Kimnach) así como tres bromelias: la Barbas de viejo (*Tillandsia usneoides* (L.) L.), clavel de árbol (*Tillandsia recurvata* L.) y un Cardo (*Tillandsia fendleri* Griseb.) estas especies pueden generar un problema debido a su cantidad ya que afectan la función fotosintética de los árboles y causar una muerte por asfixia, de la misma manera, los Cardos grandes se convierten en una amenaza ya que acumulan gran cantidad de agua y al caer pueden afectar infraestructuras, equipo y personas, como se muestra en la figura 14; el manejo propuesto para estas afectaciones es la remoción de algunos individuos a fin de conservar un equilibrio en el sistema y no se genere ningún tipo de amenaza.



Figura 14. Árbol de mango con presencia excesiva de epífitas (Barbas de viejo – Tillandsia usneoides – principalmente)

De acuerdo a lo anterior se estableció un mapa como se observa en la figura 15, que identifica las necesidades de intervención en el arbolado urbano de manera prioritaria debido a su condición fitosanitaria.

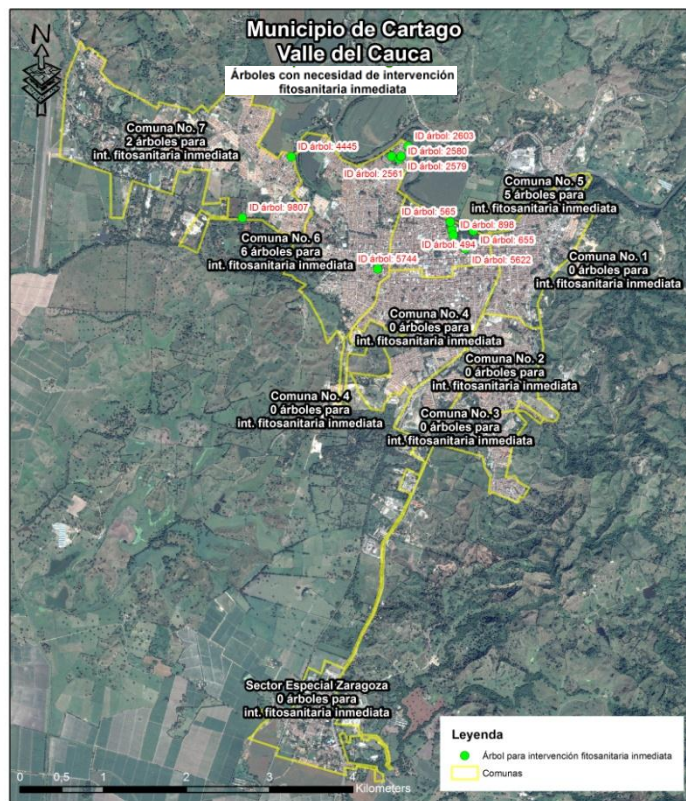


Figura 15. Mapa árboles con necesidad de intervención fitosanitaria inmediata

4.5. Indicadores Per Cápita del Arbolado Urbano en Cartago.

En el municipio de Cartago, teniendo en cuenta el actual inventario de árboles (10.898 individuos) y una población de 133.920 habitantes en la zona urbana; se cuenta con un índice de 12.7 habitantes por árbol y 858.1 árboles por Km². Se precisa que este resultado considera únicamente la población arbórea localizada sobre suelo urbano en espacio público de la ciudad (denominados técnicamente árboles viarios). Es así que la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como valor de referencia un árbol por cada tres personas; estando lejos en la ciudad de cumplirlo; sin embargo, en el contexto nacional y mundial esta limitante es una constante, como se observa tabla 7.

Tabla 7. *Indicador Per Cápita de algunas ciudades de Colombia y el mundo*

Ciudad	País	No. Árboles viarios	Población del casco urbano	No. Habitantes por árbol	Área del casco urbano en Km2	Árboles por km2
Pereira	Colombia	21868	396187	18,1	30,4	719,3
Bogotá	Colombia	1160526	7461546	6,4	384,3	3019,8
Medellín	Colombia	279769	2215196	7,9	102,1	2740,1
Cali	Colombia	163000	2333213	14,3	120,9	1348,2
CARTAGO	Colombia	10898	133920	12,3	12,7	858,1

Nota: Elaboración propia con datos tomados de: PLAMSUP Pereira 2015, SIGPER 2015, Plan de Silvicultura de Bogotá 2013, Cali en Cifras 2013, Medellín cómo vamos 2012

Ciudad	País	No. Árboles viarios	Población del casco urbano	No. Habitantes por árbol	Área del casco urbano en Km2	Árboles por km2
Nueva York	E. Unidos	592130	8175133	13,8	830	713,4
Buenos Aires	Argentina	372625	2891082	7,76	200	1863,1
Madrid	España	264811	2938723	11,1	361	733,5
Barcelona	España	153343	1582738	10,32	100,4	1527,3
Curitiba	Brasil	148611	1851215	12,45	432,17	343,9
Mendoza	Argentina	49297	131927	2,67	57,57	856,3
Valencia	España	38000	797291	20,98	54,03	703,3
Vigo	España	9300	293725	31,58	16,24	572,7

Nota: Tomado de Tovar (2013). Aproximaciones a la Silvicultura en Colombia

La ciudad en Colombia que mejor resultado tiene con respecto a este indicador es la ciudad de Bogotá con 6.4 habitantes por árbol, reflejando la planeación, las políticas y proyectos ejecutados hace más de 15 años en el tema. En otros países, se destaca la ciudad de Mendoza en Argentina, siendo la única de las citadas que cumple con el

estándar recomendado por la OMS. En Pereira, que es el referente más cercano se cuenta con 18.1 habitantes por árbol, siendo considerablemente mejor el del municipio de Cartago.

Sin embargo, en el Plan del arbolado urbano de Bogotá sostienen que “Determinar un indicador de árboles por habitante recomendable para una ciudad, depende de innumerables variables entre ellas su ubicación geográfica, sus condiciones climáticas, los niveles de contaminación propios del lugar, la disponibilidad de espacios para plantación, entre otras”. Bajo tales circunstancias no es posible establecer un indicador estándar para todas las ciudades, dado que las particularidades de cada una, condicionan el ideal de árboles por habitante. El indicador no pretende estandarizar los árboles per cápita, sino brindar una idea de la relevancia del arbolado urbano en las agendas políticas de las ciudades.

En la tabla 8 así como en la figura 16, se puede observar la distribución de árboles por habitante en cada comuna. Los resultados son evidentemente influenciados por el número de habitantes, por lo regular las comunas en mejores condiciones son las de menor población.

Tabla 8. *Indicador de habitantes por árbol de acuerdo a las comunas*

Comunas	No. Árboles	Población	Habitantes/Árbol
Comuna No. 3	874	12.146	13,9
Comuna No. 1	403	20.161	50,0
Comuna No. 2	845	13.210	15,6
Comuna No. 5	1.406	7.590	5,4
Comuna No. 7	1.027	25.375	24,7
Sector Especial Zaragoza	1.783	4.084	2,3
Comuna No. 6	2.471	28.877	11,7
Comuna No. 4	2.089	22.477	10,8
TOTAL	10.898	133.920	12,7

Nota: Información de población proporcionada por la Secretaria de Planeación de Cartago

El indicador más favorable lo presenta el Sector especial Zaragoza con 2.3 habitantes por árbol, estando dentro de los estándares de la OMS para este indicador, de la misma manera la Comuna 5 (5.4 hab/árbol), estos valores superan el promedio de ciudades como Medellín y Bogotá en Colombia.

Este resultado sin embargo, debe manejarse con un criterio conservador ya que si bien tiene un buen número de árboles presenta poca cantidad de habitantes.

Se puede observar en la figura 16 que las comunas 1, 2 y 3 son las que presentan el indicador más bajo.

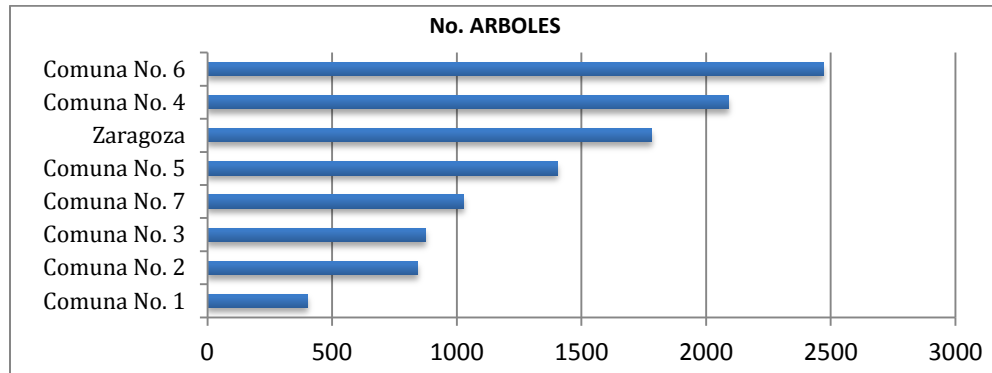


Figura 16. Número de árboles por Comunas en el Municipio de Cartago

4.6. Análisis de Riesgos de los árboles urbanos de Cartago.

Los árboles de la ciudad son vulnerables cuando por malas prácticas y actividades son afectados de manera negativa, de la misma manera cuando debido a su estado, tamaño inclinación o factores biológicos pueden convertirse en una amenaza del entorno. A esta ecuación se pueden incluir los factores que pueden contribuir como agentes catalizadores de cambio (acelerantes o mitigantes) del riesgo que pueden aumentarlo o disminuirlo. De esta manera, por ejemplo, un árbol de gran porte en una depresión es menos propenso a volcarse que cuando se encuentra en la parte alta de una colina o en una pendiente. Un factor acelerante común en la ciudad son los fuertes vientos y las altas precipitaciones que se presentan sin previo aviso, o el fenómeno geológico de reptación del terreno.

En general, un árbol ubicado en cualquier tipo de emplazamiento conlleva un riesgo inherente, el cual puede ser evaluado en función de un riesgo aceptable, el JBJCM (2013) define que hay peligro cuando el límite de riesgo aceptable ha sido superado.

Dentro de la ciudad los árboles se ven amenazados por un conjunto de prácticas inadecuadas llevadas a cabo sin ninguna técnica sobre o alrededor de él, estas prácticas incluyen quemas, podas mal realizadas, poda de raíces, entre otras, que afectan la estabilidad del árbol y que pueden generar problemáticas asociadas a la socavación del terreno circundante y la generación de heridas en ramas o tronco. Esto indica que se debe realizar un cuidado regular del árbol urbano lo que permite identificar árboles peligrosos y el tipo de riesgo presente en ellos. Una vez que el riesgo es reconocido, pueden tomarse medidas para reducir la probabilidad de que el árbol caiga y dañe a alguien (Rivas, 2001).

De acuerdo con el JBJCM (2013) el riesgo del arbolado es una dimensión de complejo estudio y análisis. De hecho, en él se conjugan circunstancias que escapan de las posibilidades de monitoreo y seguimiento total por parte de las entidades competentes.

La gestión del riesgo en las ciudades se ha desarrollado en la infraestructura gris (casas, puentes, avenidas, edificios etc.) pero poco en la infraestructura verde de las ciudades, la evaluación de los riesgos es menos aplicada a los elementos de la infraestructura verde según Calaza (2006).

En este sentido, en el presente trabajo de investigación, se realizó una revisión de los individuos con el fin de determinar si estos se están convirtiendo en un factor de amenaza por las causas mencionadas (inclinación, muerte total o parcial), y poder generar un conjunto de lineamientos de planificación que permitan mitigar el riesgo, mediante la intervención del individuo amenazante con las herramientas de manejo adecuadas (podas de estabilización, de liberación, tala total o parcial).

Uno de los factores que puede incrementar la amenaza que presenta un árbol es su mal estado fitosanitario o presencia de enfermedades que afecten la estabilidad de sus estructuras (ramas, tallo, raíces), es aquí donde los malos procedimientos de podas generan un peligro para el árbol y una amenaza para los elementos circundantes. Los efectos de estos malos manejos en el árbol pueden generar la entrada de insectos, hongos y bacterias al centro del tronco, los cuales paulatinamente mientras van descomponiendo la madera, matando el árbol y debilitándolo haciéndolo más propenso al volcamiento o a la pérdida de sus partes.

Un segundo factor es el mal manejo del suelo en el sitio de siembra, generalmente el suelo se desestabiliza debido a la excavación o a la compactación que se genera sobre él; de la misma manera se presentan encharcamientos y la imposibilidad de que la raíz se ancle de la manera adecuada o por malformaciones de la raíz, estas situaciones se presentan debido a un mal manejo de los árboles en el vivero del que proviene el material vegetal, en el presente estudio se reportaron 68 individuos con esta problemática, como se observa en la figura 17.



Figura 17. Árbol con riesgo de volcamiento por excavación

Los árboles en general han sido sembrados sin atender a un factor crítico que es el tamaño definitivo que tendrá el individuo en su etapa adulta, lo que hace que muchas veces se generen conflictos comunes en el sitio donde se ha plantado. Adicionalmente no se contempla la implicación de dirección del crecimiento del sistema radicular en los sitios donde se podrían crear daños en las cubiertas duras de pisos, vías, escenarios deportivos e incluso en las viviendas. En este sentido se evidenció daño en andenes y calzadas de concreto principalmente por los espacios reducidos y por el cierre de los espacios pre existentes para la entrada de agua con concreto. En esta condición de espacio reducido de crecimiento se encontraron 327 individuos del muestreo (3%) y con posibilidad de generar daño a 469 individuos (4.3%).

También existen dos riesgos que no están relacionados a la estructura del individuo arbóreo ni a la distribución de sus cargas y peso, que son:

- ✓ Los riesgos biológicos asociados a algunas especies que cuentan con mecanismos de protección como espinas o exudados tóxicos o cáusticos, que en el medio urbano pueden generar problemas a la salud humana.
- ✓ Como conductores de electricidad ya que siendo seres vivos que almacenan agua, estos árboles y palmas son buenos conductores, estos a menudo hacen contacto con las líneas eléctricas y actúan como conductores de la misma al suelo, pudiendo afectar seriamente a las personas que se encuentren en su alrededor.

En estos casos, las medidas de control de estos factores se debe realizar de forma inmediata, mitigando o previniendo dicho riesgo; en el caso de las acciones mecánicas, la revisión periódica y la poda controlada de las partes muertas del árbol serán suficientes, en el caso de los riesgos biológicos o propios de la naturaleza de la especie, se pueden manejar mediante el aislamiento o reposición de la especie por una sin este problema, y mediante campañas divulgativas que den a conocer que la especie genera riesgos en condiciones especiales. Para el actual caso de estudio se encuentran los Samanes y Piñones, que requieren una pequeña reducción de tamaño y la remoción de sus partes muertas.

Las infraestructuras con mayor afectación están representadas por el cableado aéreo para la prestación de servicios públicos de energía eléctrica y telecomunicaciones, registrándose 599 individuos con este conflicto lo que corresponde al 5,49% del total del inventario, ya que generalmente se han ubicado los contenedores bajo los mismos recorridos de los cableados, se puede observar los riesgos en la figura 18.



Figura 18. Viviendas establecidas en medio de árboles generando riesgo a los árboles y a la infraestructura

Según Matheny y Clark (1994) un árbol es peligroso cuando el fallo de una o más de sus partes resulta en daños a propiedades y/o personas; de la misma manera Alberts et al, define un árbol peligroso como aquel con defectos estructurales que puede provocar fallos tanto de todo el árbol como de alguna de sus partes y podrá golpear a un “blanco” el cual puede ser un vehículo, edificio, o un lugar donde la gente está, como parques, una calle o un propiedad.

De esta manera, se encontraron un total de 217 individuo arbóreos (1.99%) con tronco inclinados, 88 individuos (0.80%) en los que se registró riesgo de volcamiento por una inclinación mayor a 30°, es decir con un riesgo mayor de caída del mismo de forma intempestiva los cuales pueden ser clasificados como peligrosos de acuerdo a las definiciones anteriormente presentadas, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Número de árboles con conflicto de volcamiento por comuna

Comunas	No. de Árboles Riesgo de volcamiento
Comuna No. 1	10
Comuna No. 2	12
Comuna No. 3	10
Comuna No. 4	16
Comuna No. 5	4
Comuna No. 6	26
Comuna No. 7	5
Sector Especial Zaragoza	5
TOTAL	88

4.7. Diversidad de la flora urbana de Cartago.

Siguiendo los parámetros evaluados en grandes ciudades que han antecedido el proceso de inventarios urbanos, se estima la diversidad de la flora urbana empleando sencillamente el total de especies dentro de la ciudad, pero se reforzó el índice de *Shannon Wiener* por ser más fácil de calcular, con los datos de frecuencia de cada especie.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

- S : es el número total de especies
- p_i – La abundancia relativa de la especie i): $\frac{n_i}{N}$
- n_i – número de individuos de la especie (frecuencia)
- N – número de individuos muestreados

En un ecosistema natural el valor de este índice fluctúa entre 0,5 y 5, aunque su valor promedio está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. Para el caso puntual de Cartago el índice corresponde a 3,3333 valor alto y similar al de Pereira cuyo valor es de 3,852 (García at al, 2010). De la misma manera puede decirse que es un valor alto en relación a un bosque, y aún comparado con el valor de 4,28 obtenido en Medellín que es una ciudad mucho más grande donde el inventario contó con 1'160.526 individuos de 319 especies.

4.8. Análisis de las percepciones y apropiación social en relación al arbolado urbano de la Ciudad de Cartago.

El Diagrama Causa – Efecto permite tener un vínculo directo con las opiniones de las personas acerca del problema principal sobre el arbolado urbano en Cartago, y facilita conocer las opiniones sobre cuáles son las causas del problema, como se evidencia en el siguiente diagrama, se obtuvieron posibles causas enmarcadas en cinco componentes claves dentro de la identificación y posible reconocimiento de la causa principal, esta herramienta permitió reunir todas las ideas y opiniones de las personas para su estudio desde diferentes puntos de vista como se puede observar en la figura 19.

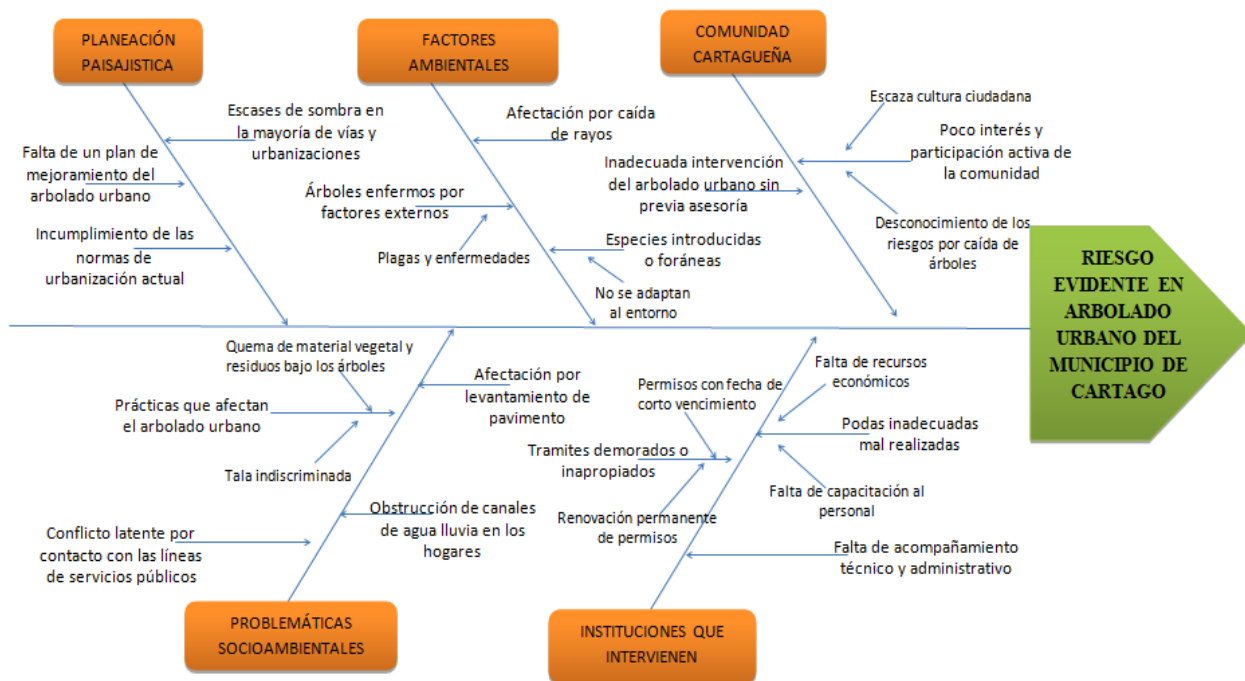


Figura 19. Diagrama Causa – Efecto

Se encontraron cinco componentes dentro del Diagrama, los cuales ayudan a definir y orientar todas las posibles causas que conllevan al problema principal, uno de ellos es: *Planeación paisajística* en donde claramente las personas manifiestan un desequilibrio actual con lo deseado a futuro, pues las actuales urbanizaciones no contemplan un eficiente plan de urbanización donde prevalezca la naturaleza, es por ello que se observa gran escasez de sombra en la mayoría de vías y urbanizaciones.

No se puede hablar del arbolado urbano sin tener en cuenta los *factores ambientales* que inciden de manera natural sobre estos ejemplares como son los vientos, la lluvia, tormentas eléctricas, la temperatura, espacio reducido para su libre desarrollo y la introducción de especies foráneas, es evidente la afectación e incidencia de estos factores sobre los árboles de mayor edad en algunos sectores específicos de la Ciudad.

Otro importante componente es la *Comunidad Cartagueña* en donde en ocasiones intervienen sobre el arbolado urbano mediante podas antitécnicas perjudicando a los árboles al dejarlos expuestos a plagas y enfermedades que inciden de manera negativa con la calidad del árbol, y desde luego las *problemáticas socio ambientales* que impulsan al perjuicio de estos, dado a la tala indiscriminada y a las prácticas inadecuadas de algunos ciudadanos sobre estos, también algunas personas manifestaron que el desarrollo urbano afecta visiblemente sobre el arbolado mediante las líneas de comunicación, acueducto y alcantarillado e infraestructura urbana, lo cual conlleva a la participación necesaria de las *instituciones que intervienen* como la CVC autoridad ambiental competente, la administración municipal, la empresa de energía y alumbrado público y actualmente la empresa prestadora del servicio público de aseo, en donde se evidencia molestia por parte de la comunidad por la inoperatividad de estas entidades ante los casos de emergencia y riesgo latente, en donde manifiestan demoras en los tramites de las autorizaciones y hasta desconocimiento de funciones, en los casos donde han intervenido algunas entidades públicas se pudo observar que no cumplen con los requerimientos técnicos establecidos para una adecuada y eficiente labor de poda y/o tala.

Capítulo 3

Propuestas de lineamientos de planificación y gestión integral para el mejoramiento del componente arbóreo, zonas verdes y parques del municipio de Cartago

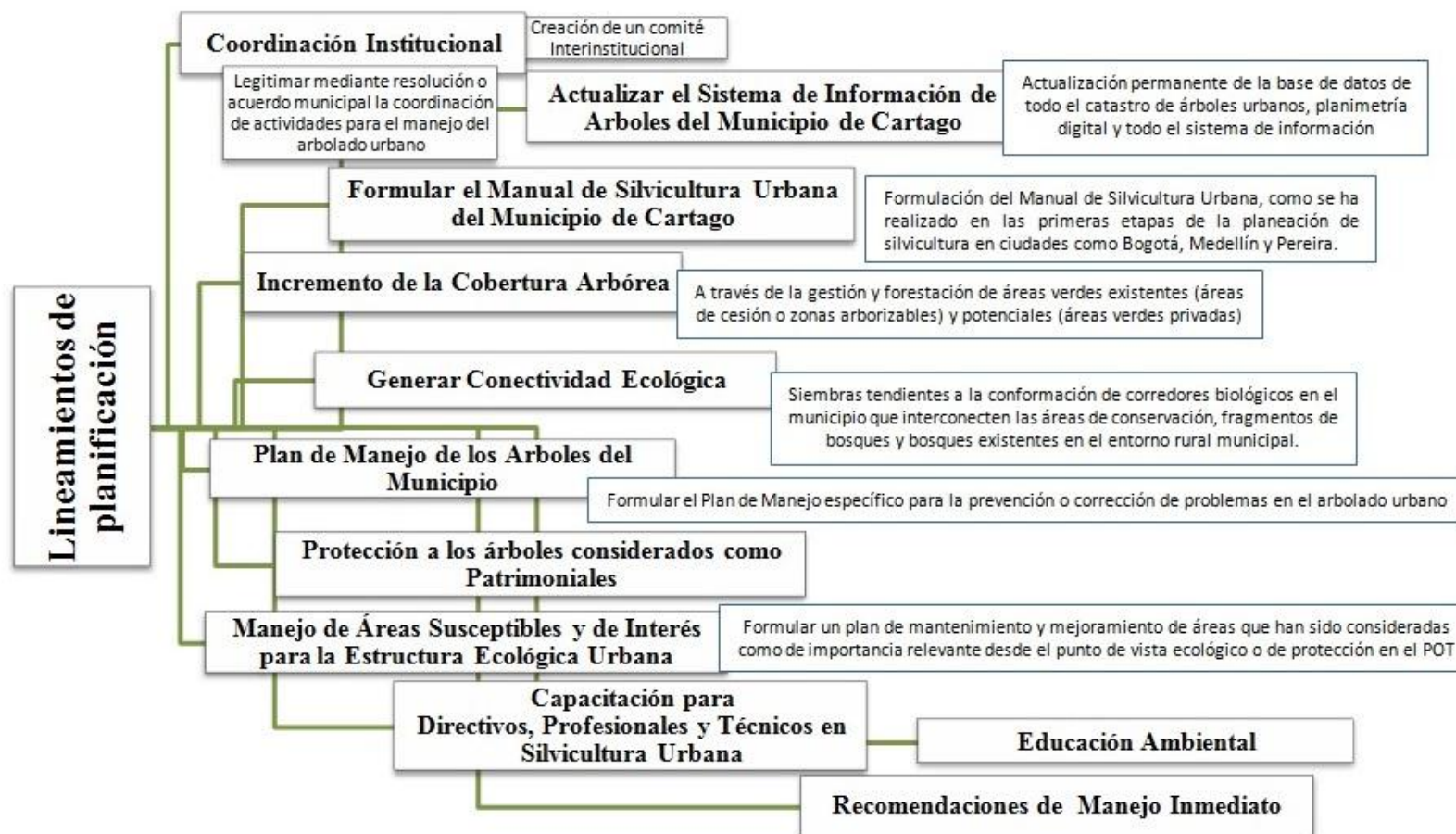


Figura 20. Propuestas lineamientos de planificación

Como se muestra en la figura 20 en el municipio de Cartago se hace necesaria la implementación de acciones que propendan por la comunicación, planeación conjunta y coordinación de actividades en relación a la cobertura arbórea urbana. Para ello, se propone la creación de un Comité interinstitucional, integrado por representantes de los entes en la ciudad que tienen alguna función relacionada con los árboles urbanos. Esto permitirá que cada entidad se responsabilice de su rol en la gestión y que además se logre, junto con las demás, una coordinación adecuada y se lleven a cabo de manera conjunta la toma de decisiones y actividades necesarias para el manejo y la intervención del arbolado urbano. Adicionalmente, se busca que cada actuación sobre el árbol urbano se planifique, se ejecute y se supervise en el marco de las competencias legalmente establecidas en las diversas instituciones.

En respuesta a la necesidad de contar con un instrumento de gestión que permita orientar la siembra y manejo de árboles en las zonas verdes públicas del municipio de Cartago y que proporcione herramientas y parámetros de orden técnico que propicien la selección de especies y el manejo e intervención de la flora urbana, se debe realizar la formulación e implementación del Manual de Silvicultura Urbana del municipio, como se ha realizado en las primeras etapas de la planeación de silvicultura en ciudades como Bogotá, Medellín y Pereira, y realizar una actualización permanente de la base de datos de todo el catastro de árboles urbanos, planimetría digital y todo el sistema de información; por lo cual, se podría manejar oficialmente por parte de profesionales encargados del sistema con este enfoque específico.

También se deben emprender acciones que permitan el incremento y mejoramiento de la cobertura arbórea; a través de la gestión y forestación de áreas verdes existentes (áreas de cesión o zonas arborizables) y potenciales (áreas verdes privadas); favoreciendo el mejoramiento futuro de los indicadores municipales de habitantes por árbol (o árboles por habitante). Esto debido a que, en el proceso de campo, se identificaron muchos predios con dichas características y que cuenta con toda la potencialidad para ser forestados. De la misma manera se plantea la necesidad de realizar una intervención directa con programas de reforestación en las zonas verdes asociadas a la red hídrica del municipio (zonas de protección). Caso específico barrios ubicados al noroccidente del municipio.

De igual forma se deben generar instrumentos normativos como el pago por servicios ambientales con incentivos económicos para promover interés a los particulares, mediante los cuales se fomente la cultura de la conservación de las áreas arborizadas con funciones ecológicas en predios privados. Sin necesidad de adoptar medidas coercitivas y sin requerir siempre de la adquisición de nuevas áreas verdes, y que a su vez se incremente el número de áreas arborizadas con fines de ornato y disfrute, se debe planear simultáneamente siembras tendientes a la conformación de corredores biológicos en el municipio que interconecten las áreas de conservación, fragmentos de bosques y bosques existentes en el entorno rural municipal. Con ello se obtiene no sólo el aumento de cobertura arbórea, el mejoramiento del ambiente y la calidad de vida de los ciudadanos sino también su uso como tránsito de las aves, herpetos, insectos y pequeños mamíferos no domésticos en la zona urbana; reconociendo el municipio como hábitat también de la

fauna local. Lo anterior también mostraría un importante avance en la definición de la estructura ecológica principal del municipio.

Teniendo como base la información del Catastro de los árboles urbanos, el ente encargado del manejo ambiental del municipio puede fácilmente formular el Plan de Manejo específico; que debería proponer las acciones específicas necesarias a desarrollar en los individuos arbóreos para la prevención o corrección de problemas en el arbolado urbano, que puedan afectar su adecuado desarrollo; adicionalmente plantear las actividades necesarias a realizar en los árboles de acuerdo a sus necesidades de manejo y mantenimiento; priorizando las más urgentes, de acuerdo a los riesgos asociados; inclusive planteando en los casos necesarios la remoción y sustitución inmediata de los individuos arbóreos, al igual que una reforma de la metodología actual de colocación de las líneas aéreas de distribución de servicios públicos domiciliarios. Las actividades de manejo tendrán como meta la conservación, protección, mejoramiento o rehabilitación de los árboles urbanos. De igual forma, deberá de implementarse una estrategia de divulgación a la comunidad, con especial importancia a las zonas que hacen parte de la estructura ecológica urbana, como las áreas protegidas, áreas forestales protectoras, suelos para la protección del recurso hídrico (zonas de protección de quebradas, nacimientos, ríos), suelos de protección o áreas de reserva de la sociedad civil.

Se hace necesario realizar socialización a la comunidad, instituciones y organizaciones ciudadanas, de los avances en el conocimiento de los árboles del municipio, con el fin de que además de conocerlos, se apropien de estos resultados e

información y se estimule el desarrollo de prácticas de vigilancia, protección y conservación de este recurso en cada barrio o comuna.

Se propone ejecutar en cada comuna un programa permanente de educación ambiental en el tema de cuidado y conservación de árboles urbanos. De la mano con un proceso de capacitación direccionado por la secretaría de planeación municipal de la mano con la secretaría de educación, a líderes comunitarios y representantes de organizaciones de la sociedad civil en "Gestión de los árboles urbanos". Esta estrategia estaría orientada a impulsar como aspecto relevante en el proceso de gestión del arbolado urbano, acciones de sensibilización ambiental con el fin de formar en la ciudadanía un cambio de percepción y una mayor apropiación de los árboles urbanos y los espacios que ellos ocupan; dando especial prioridad a la identificación por parte de los pobladores, de los servicios ambientales que ellos les brindan. Propendiendo paulatinamente por la generación de una "conciencia verde", producto del surgimiento de nuevos conceptos, actitudes y convicciones en las personas, que producirán la adopción de mejores comportamientos, que los impulsará a participar de manera activa en el cuidado, vigilancia y conservación de la cobertura arbórea municipal (barrial) y los espacios asociados.

5. Discusión

Los resultados del estudio muestran como la gestión del arbolado urbano en el municipio no ha sido suficiente, sin embargo diversos autores (López y Castillo, 1999; Tovar, 2006; Ponce y Piedrahita, 2009; Vargas y Molina, 2007) consideran que la

elaboración de un inventario como el que se realizó en el presente trabajo es una primera aproximación para mejorar los procesos de planificación ambiental arbórea en las ciudades.

De acuerdo a lo evaluado en la ciudad de Bucaramanga (Vargas y Molina, 2007) se necesita una mayor profundización sobre todo en el tema de conectividad para demostrar que la estructura arbórea del municipio aporta a la estructura ecológica del mismo. En este mismo sentido, es posible que a través de este estudio y siguiendo los lineamientos propuestos se logre una buena aproximación a un enfoque funcional de estos árboles, utilizando como base la información recolectada y la obtenida en ciudades cercanas como Pereira (García et al, 2010) se pueden realizar propuesta de especies de acuerdo a lo que se requiera, los espacios que se tengan disponibles y las condiciones del sitio.

Los resultados del estudio muestran que existe una tendencia a la simplificación del arbolado urbano con algunas especies (acacia amarilla, ébano ornamental, matarratón, palma, swinglea y samán) lo anterior podría estar relacionado con lo mencionado por Castro (2008) quien estableció unos patrones de distribución de algunas especies en la ciudad de Cali, asociándolas al espacio que deben ocupar de acuerdo a su tamaño y sus funciones a futuro (sombra, ornato, frutal). Con respecto a las funciones del arbolado, en el presente estudio se evidencio que las 4 funciones principales de las especies fueron: ornato, protección de suelos, frutal y sombrío, estas funciones fueron las que se identificaron pero sería importante recalcar los servicios ecosistémicos que prestan los espacios verdes en las ciudades, como los servicios de regulación (climática, hídrica), los

servicios de provisión (productos provenientes de los árboles) y culturales como la belleza escénica y el paisajismo (Acuña, 1999; Wiesner, 2000; Reyes y Gutiérrez, 2010).

Como se mostró en los resultados existen conflictos asociados a las redes de telecomunicaciones, este tipo de conflictos es común en algunas ciudades (Sierra, 2012; Perdomo y Díaz, 2015) sin embargo si se logra una buena aproximación al manejo del arbolado, teniendo en cuenta los actores que se ilustraron en la parte propositiva del presente trabajo, es posible lograr una armonía entre los componentes del sistema urbano; así mismo es posible que las entidades territoriales puedan lograr un acercamiento con las comunidades para definir cuáles serían las acciones a seguir para disminuir los riesgos y mejorar el entorno; lo anterior con el fin de evitar que los habitantes realicen actividades de manejo para las cuales no se encuentran debidamente capacitados y generen problemas al árbol y posiblemente al entorno.

Por último, es importante recalcar la importancia de mantener los sistemas de información del arbolado urbano en permanente actualización, para lo cual, y de acuerdo a lo propuesto por los lineamientos del presente trabajo y apoyado en los estudios de García et al (2010), generar estrategias de articulación institucional que permitan una adecuada planificación paisajística cuyo fin sea la funcionalidad y manejo del arbolado urbano del municipio.

6. Conclusiones

- ✓ Los resultados del estudio muestran que no ha existido un buen manejo del arbolado urbano en el municipio de Cartago, lo cual se ve reflejado en el estado de los árboles, sin embargo el presente trabajo representa una primera aproximación al inventario urbano del municipio que se constituye en una herramienta fundamental para garantizar un manejo y control de las especies distribuidas a lo largo de la ciudad, el enfoque biosocial del cual partió la investigación mostró que la especie más distribuida fue la ornamental ébano que ha sido sembrada por la comunidad sin ningún control por parte de las autoridades.
- ✓ Los riesgos y conflictos más relevantes encontrados con respecto al arbolado urbano en el municipio están asociados al estado fitosanitario de los árboles derivado de inadecuadas prácticas de manejo, estas prácticas han configurado patrones de riesgo de caída de árboles o partes de estos que afectarían las infraestructuras colindantes (viviendas, andenes, vías, entre otras) así como afectaciones al bienestar de las personas; así mismo, un factor de riesgo común fue las afectaciones a las redes de telecomunicaciones que pueden generar inconvenientes y que necesitan una intervención por parte de las autoridades para mitigar los riesgos asociados a esta problemática.
- ✓ Se hace necesario la creación y operación más efectiva de los controles al arbolado urbano para lo cual el presente trabajo propone una visión integral del

arbolado urbano teniendo en cuenta las variables como planificación paisajística, los factores ambientales y los actores del territorio (autoridad, habitantes) lo anterior con el fin de lograr un adecuado manejo del arbolado y con ello lograr mejores condiciones de los árboles, incrementar la conectividad de las áreas verdes y de esta manera formular e implementar el manual de silvicultura urbana del municipio de Cartago como hoja de ruta del manejo del arbolado.

- ✓ Se logro determinar y relacionar los impactos ambientales y sociales que se generan como consecuencia de una mala organización y planificación del arbolado urbano enmarcados en las condiciones de desarrollo sostenible. Se deben generar espacios para el reconocimiento y apropiación de los parques por parte de los habitantes, caso específico Parque La Isleta y Parque de la salud, ya que son espacios propicios para el desarrollo de múltiples actividades de esparcimiento y educación.
- ✓ Es necesario implementar una política de espacio público que determine claramente las zonas verdes y las demás infraestructuras de la ciudad para evitar que se generen siembras espontáneas que pueden constituir un riesgo en el futuro.
- ✓ Teniendo en cuenta el actual inventario de árboles (10.898 individuos) y una población de 133.920 habitantes en la zona urbana; se cuenta con un índice de 12.7 habitantes por árbol y 858.1 árboles por Km², este resultado, que considera únicamente la población arbórea localizada sobre suelo urbano en espacio público, es un buen indicador ambiental de la ciudad.

7. Bibliografía

- ✓ Acuña, J. F. (1999). Influencia de la arborización en estructuras de santa fe de Bogotá. *Ingeniería e Investigación*, (43), 21-24.
- ✓ Alcaldía de Cartago. 2012. Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015
- ✓ ALCALDÍA DE MEDELLÍN, SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE. (2007). *Manual de Silvicultura para Medellín*. Alcaldía de Medellín, Secretaría del Medio Ambiente
- ✓ Banco Interamericano de Desarrollo – BID. (2011). Sostenibilidad Urbana en América Latina y el Caribe. Documento Online recuperado de:
<https://publications.iadb.org/handle/11319/2784?locale-attribute=es&locale-attribute=en>
- ✓ Brandt, L.; Lewis, A.; Fahey, R.; Scott, L. Darling, L. (2016). A framework for adapting urban forests to climate change. *Environmental Science & Policy* 66 (2016) 393–402.
- ✓ CALAZA MARTINEZ, Pedro. (2006). Revisión Bibliográfica y análisis comparativo de métodos de evaluación de riesgo arbolado urbano. Caso particular La Coruña. España. Trabajo de Grado. Universidad Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior De Lugo.
- ✓ Cantón, A., De Rosa, C., & Kasperidus, H. (2003). Sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico

- de la condición de las arboledas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7(1), 29-34.
- ✓ Castro Ramos, R. (2008). Por una nueva imagen de Ciudad. La representación gráfico-visual del Paisaje Arbóreo de Santiago de Cali: El Rescate de un nuevo imaginario urbano. *Investigación y Desarrollo*, 16(1), 2-31.
 - ✓ Conway, T.; Shakeel, T.; Atallah, J. (2011). Community groups and urban forestry activity: Drivers of uneven canopy cover? *Landscape and Urban Planning* 101 (2011) 321–329.
 - ✓ Crowter, T.; Glick, H.; Corvey, K; Bettigole, C.; Maynard, D.; Thomas, M.; Smith, J.; Hintler, G.; Duguid, M.; Amatulli, G.; Tuanmu, N.; Jetz, W.; Salas, C.; Stam, C.; Piotto, D.; Tavani, R.; Green, S.; Bruce, G.; Williams S.; Wisser, S.; Huber, M.; Hengeveld, G.; Naburus, G.; Tikhonova, E.; Borchardt, P.; Li, C.; Powrie, L.; Fisher, M.; Hemp, A.; Homeier, J.; Cho, P.; Vibrans, A.; Umunay, P.; Piao, S.; Rowe, C. Ashton, M.; Crane, P.; Bradford, M. (2015). Mapping tree density at a global scale. *Nature* Vol. 525: 201:258.
 - ✓ FAO. (2016). *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. Estudio FAO: Montes No 178, Roma, FAO. 191p.
 - ✓ Flores, R., & González, M. D. (2010). Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 17-24.
 - ✓ García Sierra, J.H.; Ruiz Penagos, D.; Ospina Medina, N.E.; Echeverry Duque, M. (2010). *Manual de Silvicultura de Pereira*. Alcaldía de Pereira - Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira Colombia. 172p.

- ✓ Giraldo Jiménez, L. C. (2010). *Evaluación ambiental a la gestión del plan de ordenamiento territorial del municipio de Cartago, departamento del Valle del Cauca* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda.
- ✓ Hoyos M., Cogollo A., Villa D. (2007). *Manual de Silvicultura Urbana para Medellín*. Municipio de Medellín, Secretaría del Medio Ambiente. 158pp
- ✓ Jardín Botánico José Celestino Mutis. Alcaldía Mayor de Bogotá. 2013. *Plan de Silvicultura y Jardinería Urbana*.
- ✓ JARDÍN BOTÁNICO y SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE DE BOGOTÁ. (2009). *Manual de silvicultura urbana para Bogotá*. Bogotá. Jardín Botánico. Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá.
- ✓ Konijnendij, C.C.; Ricard, R.M.; Kenney, A.; Randrup, T. (2006). *Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe*. *UrbanForestry&UrbamGreening* N°4: 93-103.
- ✓ López, R., & Castillo, E. (1999). *Análisis Del Arbolado Urbano Público en la Ciudad de Linares, NL (1995-1999)*. *Fac. Ciencias Forestales, UANL*.
- ✓ Matheny, N.P., and J.R. Clark. (1994). *A Photographic Guide to the Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas* (2nd ed.). International Society of Arboriculture, Champaign, IL. 85 pp.
- ✓ Mejía, M. A. (ed.). (2016). *Naturaleza Urbana: Plataforma de Experiencias*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt..Bogotá 208 págs.

- ✓ Milder, J. (2012). Chapter 10: Sustainable Urban Forms. En: Van Bueren, E.; Van Bohemen; H.; Itard, L.; Visscher, H. 2012. Sustainable Urban Environments. An Ecosystem Approach. Springer Science Business. 436 p.
- ✓ Moreno, F. & Hoyos, C. (Eds.).(2015). Guía para el manejo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional de Colombia. 175p.
- ✓ Odum, H.T. (1996). Environmental accounting. Emergy and environmental decision-making. 1st edition. John Wiley & Sons (Eds.) New York, USA. 384p.
- ✓ Ordoñez, C.; Duinker, P.N. (2014). Assessing the vulnerability of urban forests to climate change. *Environ. Rev.* 22: 311–321
- ✓ Patarkalashvili, T.K. (2017). Urban forests and green spaces of Tbilisi and ecological problems of the city. *Annals of Agrarian Science* 15:187-191.
- ✓ Perdomo Castro, A.; Díaz Rodríguez, W.I. (2015). Diagnostico piloto y plan de manejo y arborización en la ciudad de Neiva. Trabajo de Grado para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas, Universidad de Manizales. 149p.
- ✓ Pérez-Medina, Susana; López-Falfán, Ina; (2015). Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. *Economía, Sociedad y Territorio*, Enero-Abril, 1-33.
- ✓ Ponce Donoso, M., & Piedrahita, P. (2009). Valoración económica del arbolado urbano en 28 comunas de Chile. *Quebracho. Revista de Ciencias Forestales*, 17(1-2), 88-100.

- ✓ Red Colombiana de Ciudades como Vamos. (2016a). Informe de Encuesta de Percepción Urbana – Bogotá Como Vamos. Recuperada de:
<http://www.bogotacomovamos.org/> Consultado el: 16/09/2017.
- ✓ Red Colombiana de Ciudades como Vamos. (2016b). Informe de Encuesta de Percepción Urbana. Informe Encuesta de Percepción – Pereira como Vamos. Recuperado de: <http://www.pereiracomovamos.org/es/inicio.html> Consultado el: 16/09/2017.
- ✓ Restrepo O., H. I.; Moreno H., F. & Hoyos E., C.H. (2015). Incidencia del deterioro progresivo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá, Colombia, Colombia Forestal, 18 (2), 225-240.
- ✓ Reyes Avilés, Isabel; Gutiérrez Chaparro, Juan José; (2010). Los Servicios Ambientales De La Arborización Urbana: Retos Y Aportes Para La Sustentabilidad De La Ciudad De Toluca. Quivera, Enero-Junio, 96-102.
- ✓ RIVAS Daniel. (2001). Reconocimiento de árboles de riesgo. En:
<<http://www.rivasdaniel.com/Articulos/Reconocimiento.pdf>>
- ✓ Sierra Vásquez, M.A. (2012). Ciudad y Fauna Urbana, un estudio de caso orientado al reconocimiento de la relación hombre, fauna y hábitat urbano en Medellín. Trabajo de Grado para optar al título de Magister en estudio Urbano-Regionales. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 66p.

- ✓ Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., Williams, J. R. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas. Inter-American Development Bank. - See more at: <https://publications.iadb.org/handle/11319/4820#sthash.zvMIsG23.dpuf>
- ✓ Tasoulas, E.; Varras, G.; Tsirogiannis, I.; Myriounis, Ch. (2013). Development of a GIS Application for Urban Forestry Management Planning. *Procedia Technology* N°8:70-80.
- ✓ Tovar, G. (2006). Manejo del arbolado urbano en Bogotá, Colombia forestal, 11 (01), 187-205. *Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/rt/printerFriendly/3357/4887>*. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3357/4887>
- ✓ Tovar, G. (2013). Aproximación a la Silvicultura Urbana en Colombia. *Revista Bitácora*. Universidad nacional de Colombia. Pag 119 – 136. Bogotá
- ✓ Tyrvaenen, L. and Vaananen, H. (1998). The Economic Value of Urban Forest Amenities: An Application of the Contingent Valuation Method. *Landscape and Urban Planning*, 43, 105-118.
- ✓ UN-HABITAT (United Nations Human Settlements Programme). (2008). *State of the world's cities 2010/2011: bridging the urban divide*. Earthscan, London.
- ✓ Valenzuela, M. (2009). Ciudad y sostenibilidad. El mayor reto urbano del siglo XXI. *Revista investigación y espacio*. Madrid, España. N°32. Pág, 435.
- ✓ Van Bohemen, H. (2012). Chapter 2: (Eco) System Thinking: Ecological Principles for Buildings, Roads and Industrial and Urban Areas. En: Van Bueren,

- E.; Van Bohemen; H.; Itard, L.; Visscher, H. 2012. Sustainable Urban Environments. An Ecosystem Approach. Springer Science Business. 436 p.
- ✓ Van Bueren, E. (2012). Chapter 1 Introduction. En: Van Bueren, E.; Van Bohemen; H.; Itard, L.; Visscher, H. (2012). Sustainable Urban Environments. An Ecosystem Approach. Springer Science Business. 436 p.
 - ✓ Vargas, B.; Molina Prieto, L.F. (2007). Árboles para Bucaramanga: Especies que fortalecen la Estructura Ecológica Principal. Revista Nodo N°2(1): 25-40.
 - ✓ Wiesner Ceballos, D. (2000). Metodología para la definición de la estrategia de arborización. En: Memorias del Foro de Urbanización Urbana. Alcaldía de Bogotá. Davies, H.; Doick, K.; Hudson, M.; Schreckenber, K. (2017). Challenges for tree officers to enhance the provision of regulating ecosystem services from urban forests. Environmental Research 156 (2017) 97–107.