

Diagnóstico silvicultural y manejo del componente arbóreo del Área Metropolitana de  
Bucaramanga

Iván Sneider Roa Camacho

Trabajo de Grado para Optar por el título de Ingeniero Forestal

Director

Ricardo Andrés Oviedo Celis

MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

Dedicado a Dios quien ha sido mi fortaleza a lo largo de mi formación como Ingeniero forestal y a mi familia, en especial a mi padre y mi primo Diego Quintero quienes me han brindado su apoyo incondicional en estos años.

### **Agradecimientos**

Gracias a la Universidad Industrial de Santander, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formarme como Ingeniero forestal y crecer como persona.

A los docentes por compartir sus conocimientos y aportar en mi formación, en especial al profesor Ricardo Oviedo por su apoyo y acompañamiento en el desarrollo de este trabajo de grado.

A mi pareja y familia Quintero Rivera quiénes siempre estuvieron presentes en este camino y me brindaron su apoyo incondicional en cada momento.

**Tabla de contenido**

Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo general .....	13
1.2 Objetivos específicos .....	13
2. Marco teórico .....	14
2.1 Silvicultura urbana .....	14
2.2 Beneficios de la silvicultura urbana .....	14
2.3 Especies arbóreas urbanas.....	15
2.4 Planificación y diseño verde .....	15
2.5 Gestión del arbolado urbano .....	15
2.6 Políticas y regulaciones.....	16
3. Metodología .....	16
3.1 Área de estudio.....	16
3.2 Muestreo de campo .....	17
3.3 Valoración componente arbóreo área de estudio.....	19
3.4 Análisis y procesamiento de datos .....	20
3.5 Lineamientos de manejo silvicultural .....	21

4.	Resultados .....	21
4.1	Muestreo de individuos arbóreos .....	21
4.2	Estado silvicultural componente arbóreo urbano .....	26
4.2.1	Distribución por clases altimétricas .....	26
4.2.2	Distribución por clases diamétricas .....	27
4.2.3	Distribución área basal por clase diamétrica.....	28
4.3	Variables morfométricas arbolado urbano. ....	29
4.3.1	Estado de la copa.....	29
4.3.2	Estado del fuste .....	30
4.3.3	Estado de la raíz .....	31
4.3.4	Estado fitosanitario.....	32
4.3.5	Nivel de riesgo .....	33
4.3.6	Motivo de intervención .....	34
4.4	Lineamientos de manejo silvicultural .....	35
5.	Discusión.....	38
6.	Conclusiones .....	39
7.	Recomendaciones.....	41
	Referencias bibliográficas.....	42
	Apéndices.....	46

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Variables de valoración dendrométrica y silvicultural componente forestal.....	18
<b>Tabla 2.</b> Escala de valoración.....	20
<b>Tabla 3.</b> Número de individuos arbóreos por municipio.....	23
<b>Tabla 4.</b> Relación de familias y número de especies e individuos. ....	25
<b>Tabla 5.</b> Aspectos de intervención silvicultural arbolado urbano. ....	36

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> Localización del área de estudio. ....	17
<b>Figura 2.</b> Ubicación de los individuos arbóreos censados. ....	22
<b>Figura 3.</b> Número de individuos por especie arbolado urbano AMB .....	24
<b>Figura 4.</b> Número de individuos por familia.....	26
<b>Figura 5.</b> Número de individuos por clase altimétrica.....	27
<b>Figura 6.</b> Número de individuos por clase diamétrica.....	28
<b>Figura 7.</b> Área basal por clase diamétrica.....	29
<b>Figura 8.</b> Número de individuos por estado general de la copa.....	30
<b>Figura 9.</b> Número de individuos por estado general del fuste.....	31
<b>Figura 10.</b> Número de individuos por estado general de la raíz.....	32
<b>Figura 11.</b> Estado fitosanitario general de los individuos.....	33
<b>Figura 12.</b> Nivel de riesgo de los individuos arbóreos.....	34
<b>Figura 13.</b> Motivo de intervención .....	35

**Lista de apéndices**

<b>Apéndice A.</b> Estado físico de los individuos arbóreos. ....	46
<b>Apéndice B.</b> Raíces descubiertas. ....	47
<b>Apéndice C.</b> Individuos muertos en pie. ....	48
<b>Apéndice D.</b> Afectaciones a la infraestructura. ....	48



## Resumen

**Título:** Diagnóstico silvicultural y manejo del componente arbóreo del Área Metropolitana de Bucaramanga\*

**Autor:** Iván Sneider Roa Camacho \*\*

**Palabras clave:** Ciudades verdes, manejo forestal, patrimonio forestal, sostenibilidad, silvicultura urbana.

### Descripción:

La sostenibilidad de las ciudades en Colombia implica no solo el desarrollo de la infraestructura gris, también, se requieren acciones que permitan garantizar la conservación y manejo forestal de los árboles en su interior. Con este fin, el presente estudio buscó tratar esta temática desde el diagnóstico silvicultural del componente arbóreo en el área metropolitana de Bucaramanga, unidad territorial conformada por los municipios de Bucaramanga, Girón, Piedecuesta y Lebrija. Para esto, se estableció un procedimiento en campo donde fue colectada información primaria de variables dendrométricas en una muestra puntal de individuos arbóreos asociados al desarrollo urbanístico, a partir de la cual, se proponen lineamientos para su manejo integral. Los resultados, indican variaciones marcadas en el desarrollo de los árboles a nivel de clases altimétricas y diamétricas, reflejo de las particularidades en crecimiento que puede generar el asocio con la infraestructura gris, también, se identificaron los estados en copas, fuste y raíz siendo esta última variable la que mejor condición presentó. Se concluye que el muestreo del componente arbóreo debe hacerse con mayor frecuencia, a fin de consolidar una base de datos sobre la cual se pueda conocer mejor el 100% de los individuos, de igual forma, los árboles que conformaron el estudio, son un referente de los lineamientos de intervención propuestos, a fin de lograr mejores condiciones de cada individuo, por último, todas las intervenciones del componente forestal urbano del área de estudio, se debe trabajar en conjunto otras entidades como empresas prestadoras de servicios públicos, esto a fin de lograr un contexto de sostenibilidad urbana y forestal.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Instituto de proyección regional a distancia IPRED. Programa Ingeniería Forestal. Director Ricardo Andrés Oviedo Celis MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

### Abstract

**Title:** Silvicultural diagnosis and management of the tree component of the Metropolitan Area of Bucaramanga \*

**Author(s):** Iván Sneider Roa Camacho\*\*

**Key Words:** Green cities, forest management, forest heritage, sustainability, urban forestry.

#### Description:

The sustainability of cities in Colombia involves not only the development of gray infrastructure, but also requires actions to ensure the conservation and management of the trees within them. To this end, this study sought to address this issue from the silvicultural diagnosis of the tree component in the metropolitan area of Bucaramanga, a territorial unit formed by the municipalities of Bucaramanga, Girón, Piedecuesta and Lebrija. For this purpose, a field procedure was established where primary information on dendrometric variables was collected in a sample of tree individuals associated with urban development, from which guidelines for their integral management are proposed. The results indicate marked variations in the development of trees at the level of altimetric and diametric classes, reflecting the particularities in growth that can be generated by the association with gray infrastructure, also, the states in crowns, trunk and root were identified, being this last variable the one that presented the best condition. It is concluded that the sampling of the tree component should be done more frequently, in order to consolidate a database on which 100% of the individuals can be better known, likewise, the trees that made up the study, are a reference of the proposed intervention guidelines, in order to achieve better conditions of each individual, finally, all interventions of the urban forest component of the study area, should work together with other entities such as public service providers, this in order to achieve a context of urban and forest sustainability.

---

\* Degree Work

\*\*Institute for regional projection at a distance IPRED. Forest Engineering Program. Director Ricardo Andrés Oviedo Celis MSc.

## Introducción

Los municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), albergan una población de 1 millón de habitantes de los cuales el 70% aproximadamente viven en el sector urbano (AMB, 2023). Estas unidades de gestión territorial son el espacio donde llevan a cabo sus actividades cotidianas, que les permiten tener condiciones ideales de calidad de vida. Sin embargo, el actual proceso de urbanización que da prioridad a la estructura gris (edificaciones y vías), puede reducir las condiciones para los óptimos de calidad vida en estos centros poblados. El componente biótico presente al interior de estos espacios urbanos, son una fuente importante de servicios ecosistémicos como: la calidad del aire, mitigación del cambio climático, paisajismo, recreación y cultura ambiental entre otros (Cárdenas, 2022; Fardin et al., 2018).

A pesar de las bondades ambientales que las especies arbóreas aportan a la sociedad, los cuatro municipios del AMB no cuentan con el número suficiente de individuos que coloquen en equilibrio el avance urbanístico con la protección ambiental. Actualmente, se presenta una mayor presencia de especies introducidas respecto de las nativas, aspecto que igualmente llama la atención de los habitantes y entes territoriales. En tal sentido, a nivel nacional se han iniciado procesos para buscar alternativas que logren aumentar el valor de los árboles en las ciudades, de tal forma que se logren metas para su conservación y protección como recurso natural y forestal estratégico. La silvicultura urbana, es una herramienta que permite bajo un conjunto de lineamientos hacer realidad dicha meta (Echeverry et al., 2019).

Actualmente, el componente forestal arbóreo del AMB a nivel urbano presenta problemas que afectan la relación sociedad-medio ambiente (AMB, 2023). Se trata de afectaciones como:

siembras sin planeación, presencia de plagas, desarrollos no acordes a la especie y ausencia de manejo silvicultural, aspectos muy pocas veces valorados por los responsables territoriales y legales. En tal sentido, es usual observar la falta de planeación en la ubicación y establecimiento de las especies arbóreas, generando por ejemplo interferencia con redes servicios públicos, edificios, casas y tejido vial, que con el paso del tiempo se convierten en problemas de mayor dimensión (Ocaya et al., 2006).

La Corporación Autónoma para la defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), como autoridad ambiental se encarga de proteger y conservar flora urbana en el AMB (CDMB, 2021). Función que ejerce por medio de inspecciones en campo y la emisión de los respectivos conceptos técnicos. Sin embargo, el AMB no cuenta con un estudio que permita mostrar el estado actual de su arbolado, a nivel silvicultural en sector urbano y a partir del cual se puedan definir lineamientos de manejo silvicultural ajustados a la realidad de los municipios y las personas que los habitan. En tal sentido, la propuesta de trabajo de grado busca explorar el problema en mención para aportar información que contribuya a una solución integral, esto, desde el perfil de formación del Ingeniero forestal de la Universidad Industrial de Santander.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Elaborar el diagnóstico silvicultural del componente arbóreo, localizado en el casco urbano de los municipios que integran el área metropolitana de Bucaramanga, para establecer lineamientos de manejo forestal.

### **1.2 Objetivos específicos**

Definir una muestra de individuos asociados a la estructura gris de los municipios de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta.

Establecer el estado silvicultural de los árboles, a partir de variables dendrométricas y silviculturales.

Determinar lineamientos de manejo silvicultural urbano, para el componente arbóreo que contribuya a su conservación y promoción de servicios ecosistémicos.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Silvicultura urbana**

La silvicultura urbana tiene como objetivo el cultivo y ordenación del componente arbóreo en los centros poblados. En tal sentido, se proyecta el aprovechamiento de bienes y servicios de los árboles hacia la población en aspectos sociológicos, fisiológicos y económicos en la construcción de escenarios de bienestar urbano (Buijs et al., 2019; Owuor et al., 2022).

Estudios más recientes como el de Acuña et al. (2021), mencionan la importancia de la silvicultura para disminuir el cambio climático, dando como pauta importante que el hombre busque alternativas para lograr reducir este problema. Además, la aplicación de la silvicultura genera sumideros de carbono, reduciendo las tasas de emisiones de CO<sub>2</sub> en las ciudades, esto demuestra la importancia de la silvicultura en el sector social, económico y ambiental (Ruano, 2019; Sierra, 2020).

### **2.2 Beneficios de la silvicultura urbana**

A nivel nacional se reconoce la importancia del arbolado urbano, donde el buen manejo y ordenación del arbolado brindan recursos, servicios ambientales, beneficios vitales para la salud y riqueza a las comunidades, lo cual genera una armonía entre las actividades y componentes que conforman el espacio urbano (Tovar, 2013; Rodríguez, 2023).

La conectividad ecológica dentro de las áreas urbanas se convierte en una herramienta indispensable para conservar y preservar la biodiversidad (Carvajal, 2020), por tanto, se convierten

en uno de los componentes fundamentales en la dinámica de las ciudades siendo una estrategia preventiva que permite mantener las poblaciones funcionales frente al peligro de extinción de la diversidad biológica (Solorza & Avendaño, 2021).

### **2.3 Especies arbóreas urbanas**

Para la selección del componente arbóreo se tienen en cuenta características como la resistencia a plagas y enfermedades, proceso fisiológico, suelo, morfología, longevidad, y entorno (Zaccagnini et al., 2014). En contraste un árbol bien manejado de manera nutricional y silvicultural es un individuo con un alto periodo de permanencia lo que genera mayor tiempo de beneficios y calidad ambiental a los centros urbanos (Nieri et al., 2018).

### **2.4 Planificación y diseño verde**

La silvicultura urbana es un factor clave en la planificación de las ciudades, por tal motivo los planes de gestión deben centrarse en la inclusión de especies autóctonas al panorama urbano, fomentando desarrollo social y servicios ambientales (Márquez, 2016). El diseño verde debe buscar extraer el mayor beneficio del arbolado, considerando aspectos como la sombra, embellecimiento, captación de carbono, regulación hídrica y calidad del aire (de Lima, 2022). Además, generar campañas educativas donde involucren a la comunidad a concientizarse sobre un ambiente más natural (De La Barra et al., 2018).

### **2.5 Gestión del arbolado urbano**

El buen manejo del arbolado urbano puede ayudar a que los ecosistemas sean más resilientes al cambio climático, permitiendo que la sociedad actúe de manera efectiva ante los riesgos de un mundo cambiante, el objetivo principal es eliminar los conflictos donde no se interfiera la planta y prevenir daños al entorno (Guimarães & Cardoso, 2019).

## 2.6 Políticas y regulaciones

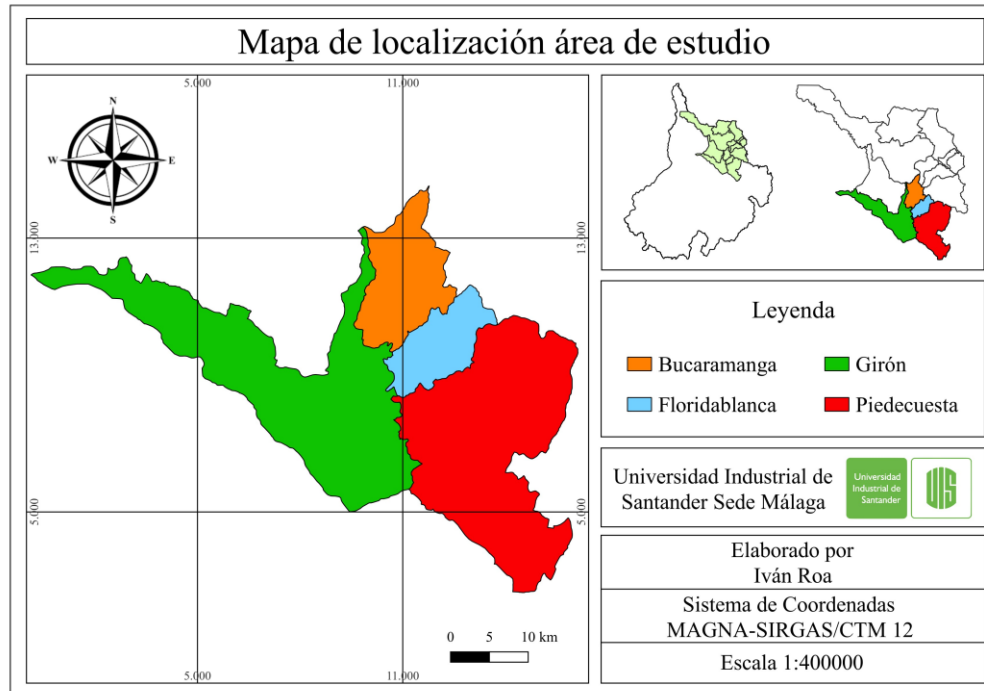
Colombia es el segundo país con mayor biodiversidad a escala global, y con metas a reducir emisiones de efecto invernadero, logrando distinciones en el ámbito internacional y con la necesidad de lograr una articulación en todos los sectores para llevar políticas dispersas a nivel nacional, a diferencia de otros países Colombia no cuenta con una normatividad para la arborización urbana, y las bases que existen presentan diferentes vacíos, es importante mencionar que se ejecutan programas en ciudades capitales para mejorar los entornos urbanos (Molina & Acosta, 2018).

## 3. Metodología

### 3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el casco urbano de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, que hacen parte de la jurisdicción de la CDMB **Figura 1**.



**Figura 1.***Localización del área de estudio.*

### 3.2 Muestreo de campo

Se realizaron recorridos aleatorios, en donde se ubicaron puntos estratégicos (vías, parques, centros comerciales etc.) con presencia de especies arbóreas asociadas a la infraestructura gris de los municipios. La frecuencia de cada recorrido fue semanal, por un periodo de 5 meses, tiempo en el cual se recolectó la información referente a: nombre científico, común, familia y coordenadas, que permitieron establecer un marco general de ubicación y clasificación taxonómica. Paralelo a esta información, también, se registraron variables dendrométricas y silviculturales relacionadas en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.**

*Variables de valoración dendrométrica y silvicultural componente forestal.*

<b>Variable</b>	<b>Información aportada al estudio</b>
Estado fitosanitario	Presencia de plagas y enfermedades.
Copa	Copa asimétrica, ramas en peligro de caída.
Fuste	Rectitud, inclinación, bifurcación.
Raíz	Raíces descubiertas.
Motivo de intervención	Afectación a comunidad y entorno.
Nivel de riesgo	Grado de afectación a infraestructura o comunidades.
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	Línea transversal medida a 1.30 de la circunferencia de un árbol.
Altura comercial	Longitud del fuste que puede ser aprovechada.
Altura total	Proyección vertical de individuo, medida desde el nivel del suelo hasta ápice de copa.
Taxonomía	Familia, y nombre científico

*Nota:* Tabla elaborada por el autor, según requerimientos de información para el estudio.

### **3.3 Valoración componente arbóreo área de estudio.**

Para las variables copa, tallo y raíz, se empleó una escala de valoración de 1 a 3, donde 3 corresponde a bueno, 2 regular y 1 malo. En el caso, de las variables relacionadas con la intervención y nivel de riesgo, se calificaron como 1 grave, 2 leve y 3 moderado respectivamente. Por último, sobre el estado fitosanitario la escala fue: sano 3, enfermo 2, senescente 1 (Tabla 2). En todos los casos solo fueron empleados valores absolutos, para reducir el grado de subjetividad en cada una de las puntuaciones dadas.

**Tabla 2.***Escala de valoración*

<b>Valoración</b>	<b>Descripción</b>
Bueno	Óptimo desarrollo en su estructura
Regular	Presencia de ramas secas, copa asimétrica y raíces desprovistas, lo cual puede ser manejado mediante podas.
Malo	Individuos con ramas en peligro de caída, fuste hueco, raíces superficiales que afectan la infraestructura.
Leve	Individuos con óptimo desarrollo que no afectan las vías, parques o comunidad.
Moderado	Individuos con afectaciones en su estructura que pueden ser manejadas mediante podas
Grave	Individuos con afectaciones graves en su estructura que deben ser intervenidos para no generar daños en su entorno.
Senescente	Individuos arbóreos con deterioro estructural y funcional pero que aún no están muertos.
Sano	No hay presencia de plagas ni enfermedades.
Enfermo	Individuos con presencia de signos y síntomas que afectan su estructura y función.

**3.4 Análisis y procesamiento de datos**

Los datos fueron procesados por medio de análisis estadístico descriptivo, que permitió estimar medidas de tendencia central, a partir de las cuales, se pudo comprender y analizar el estado de los árboles y de cada una de las variables relacionadas en la **Tabla 1**, insumo del trabajo

sobre el cual se proyectó el paso final correspondiente a la formulación de lineamientos de manejo silvicultural descritos a continuación.

### **3.5 Lineamientos de manejo silvicultural**

Fase final de trabajo construida a partir de las informaciones previamente generadas del censo forestal y la valoración del componente arbóreo urbano. Para esto, fueron definidos criterios de manejo silvicultural, sobre los cuales se proyectaron lineamientos de gestión forestal del arbolado urbano. Lo anterior desde un enfoque técnico mas no administrativo, a razón del alcance que tiene el trabajo de grado como escenario académico, aclaración pertinente ya que, es la autoridad ambiental competente quien tiene la última palabra al respecto.

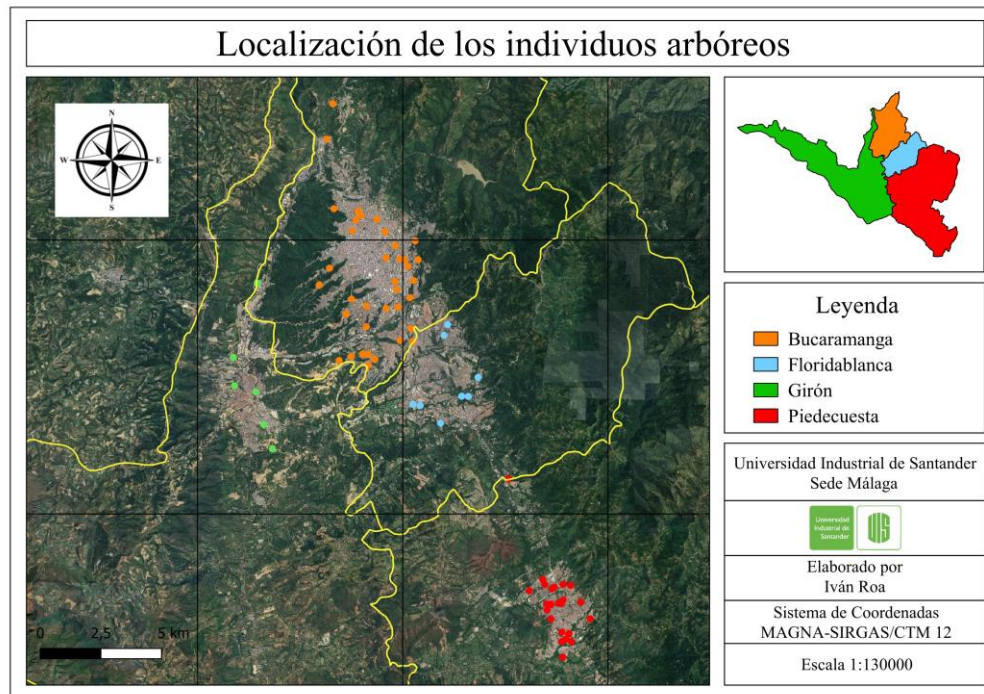
## **4. Resultados**

### **4.1 Muestreo de individuos arbóreos**

La muestra de individuos arbóreos en los cuatro municipios fue de 82, ubicados en vías, parques y demás componentes de la estructura gris de cada localidad Figura 2. Esta cantidad, corresponde al alcance del estudio como diagnóstico forestal urbano.

**Figura 2.**

*Ubicación de los individuos arbóreos censados.*



En la **Tabla 3**, se observa que el municipio con la mayor cantidad de individuos arbóreos muestreados fue Bucaramanga con el 51% del total, seguido por Piedecuesta con 30%, Floridablanca con 10%, y la menor cantidad fue para Girón con 9%.

**Tabla 3.**

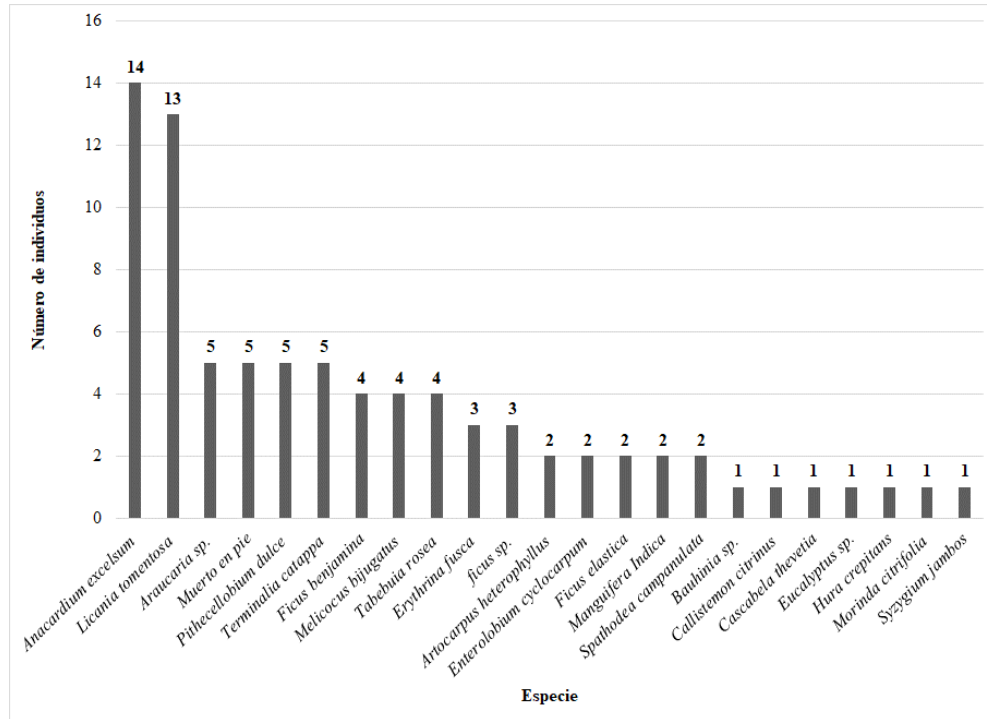
*Número de individuos arbóreos por municipio.*

<b>Municipio</b>	<b>Cantidad de individuos</b>
Bucaramanga	42
Piedecuesta	25
Floridablanca	8
Girón	7

La **Figura 3** presenta la frecuencia de individuos para cada una de las 22 especies y 12 familias identificadas. Al respecto *Anacardium excelsum* con 14 individuos es la más común, seguido por *Licania tomentosa* con 13. Las especies con menor presencia a nivel urbano en el área de estudio fueron *Bauhinia sp*, *Callistemon citrinus*, *Cascabela thevetia*, *Eucalyptus sp*, *Hura crepitans*, *Morinda citrifolia* y *Syzygium jambos* cuya frecuencia fue de un individuo respectivamente. Cabe mencionar que dentro del muestreo se encontraron cinco individuos muertos en pie, los cuales no se tuvieron en cuenta para los análisis. Es importante mencionar que, dentro de las especies identificadas en el estudio el *A. excelsum* se encuentra en estado de vulnerabilidad, lo que representa una condición sobre la cual es fundamental establecer controles y alertas de gestión forestal.

**Figura 3.**

*Número de individuos por especie arbolado urbano AMB.*



La **Tabla 4** relaciona las familias, donde Fabaceae, Moraceae y Myrtaceae concentran la mayor cantidad de individuos arbóreos. En el caso de Anacardiaceae, Chrysobalanaceae, Fabaceae y Moraceae presentaron menores frecuencias, sin embargo, su presencia en la estructura ecológica de los centros urbanos se reconoce como estratégica para la calidad de vida de los pobladores.

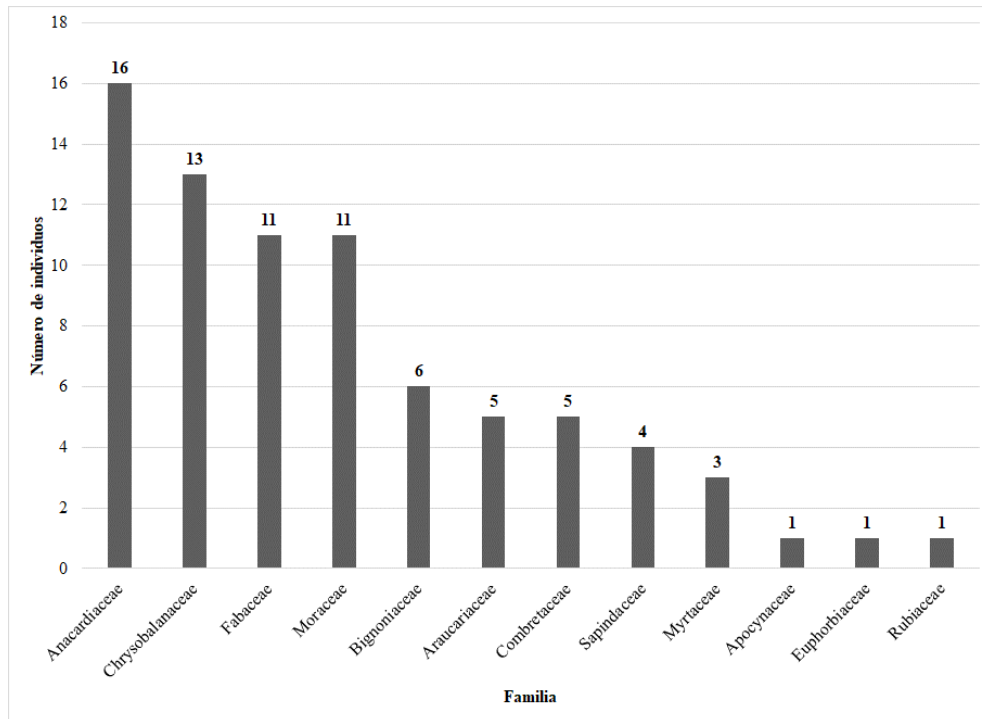


**Tabla 4.***Relación de familias y número de especies e individuos.*

<b>Familia</b>	<b>N° especies</b>	<b>N° individuos</b>
Fabaceae	4	11
Moraceae	4	11
Myrtaceae	3	3
Anacardiaceae	2	16
Bignoniaceae	2	6
Apocynaceae	1	1
Araucariaceae	1	5
Chrysobalanaceae	1	13
Combretaceae	1	5
Euphorbiaceae	1	1
Rubiaceae	1	1
Sapindaceae	1	4

**Figura 4.**

*Número de individuos por familia.*



## 4.2 Estado silvicultural componente arbóreo urbano

A partir de los datos obtenidos en los recorridos de campo (HT y DAP), se presenta el estado de los árboles para estas y las demás variables dendrométricas definidas para el estudio:

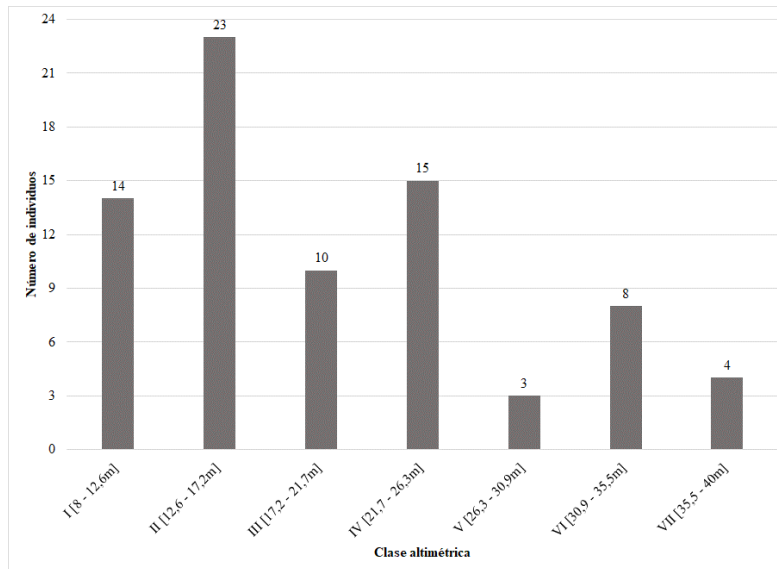
### 4.2.1 Distribución por clases altimétricas

En cuanto a las clases altimétricas se obtuvieron siete rangos con intervalos de 4,6 m. La **Figura 5**, muestra la mayor cantidad de individuos concentrada en la clase II con 23 árboles distribuidos entre los 12,6 y 17, 2 m, seguido por la clase IV (21,7 – 26,3 m) y I (8 – 12,6 m) con 15 y 14 árboles respectivamente que representan 67,5% del total. Para el caso de la clase V, solo presenta tres individuos que corresponden a *Ficus benjamina* (27 m), *Licania tomentosa* (28 m) y

*Ficus elastica* (29 m). Cabe mencionar que los individuos con mayor altura dentro del área de estudio corresponden a la especie *A. excelsum* con reportes de 40 m.

### Figura 5.

*Número de individuos por clase altimétrica.*

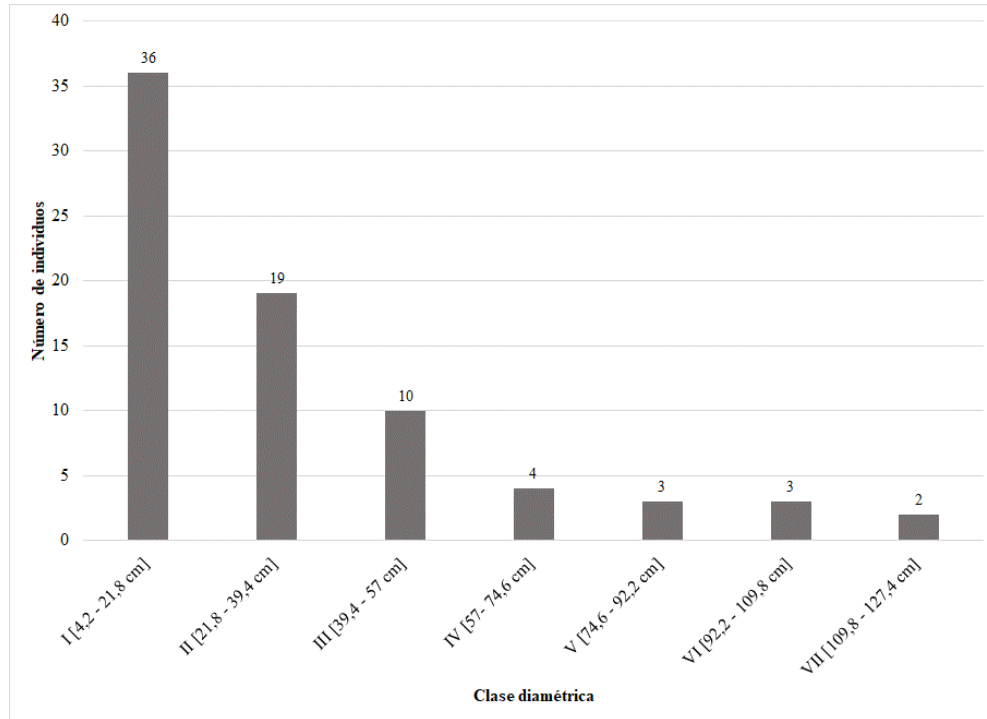


#### 4.2.2 Distribución por clases diamétricas

Los valores de DAP estimados para el arbolado, agrupan este componente biótico urbano en siete clases diamétricas, con intervalos de 17,6 cm. En la **Figura 6** se aprecia que la tendencia de la distribución diamétrica del área de estudio es en forma de J invertida, lo cual indica que la mayoría de los individuos se encuentran en las primeras clases (I, II y III) con árboles de menor diámetro que representan el 84,4% del total de árboles muestreados. También, se observa que las clases diamétricas restantes se encuentran solo 12 individuos (15,5%) diámetros superiores a los 57 cm. Los árboles con mayor diámetro corresponden a las especies *F. elastica* (111,5 cm) y *F. benjamina* (127,4 cm).

**Figura 6.**

*Número de individuos por clase diamétrica.*

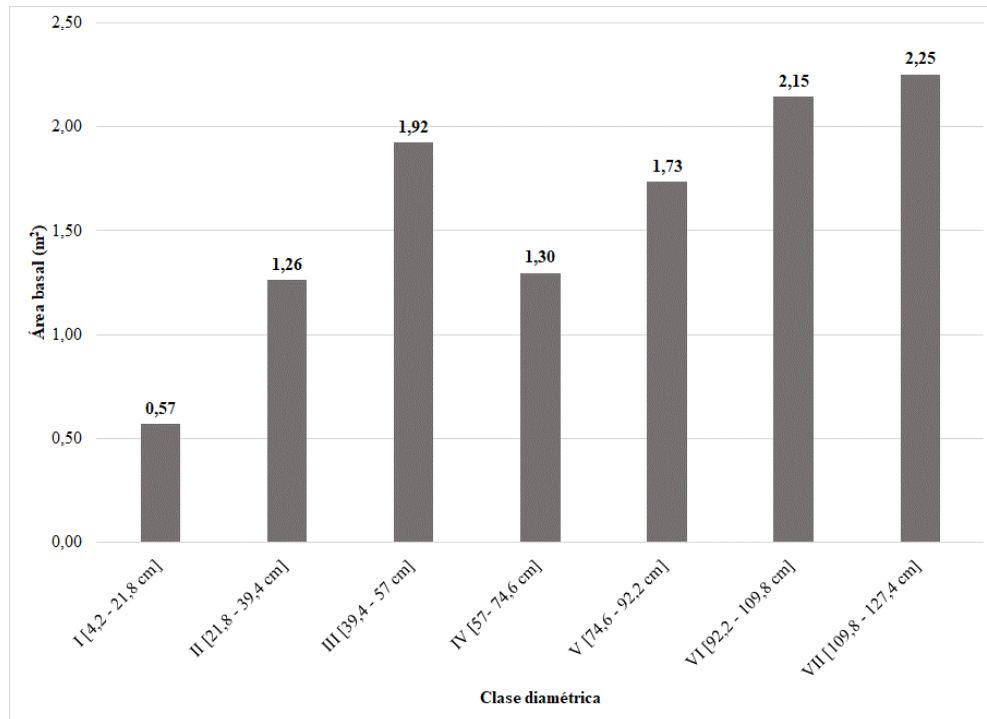


#### **4.2.3 Distribución área basal por clase diamétrica**

Con relación al área basal (AB) por clase diamétrica, los árboles presentes en las cuatro localidades evidencian un patrón no uniforme respecto de estas variables **Figura 7**. Las clases VI y VII tienen los mayores valores de AB con 4,4 m<sup>2</sup> (5,4 % del total), este comportamiento se debe a que en estas clases se encuentran los individuos con mayor diámetro dentro del estudio. Por otro lado, la clase I contiene el menor valor de área basal (0,57 m<sup>2</sup>), a pesar de ser la clase con más individuos también presenta los diámetros más pequeños dentro del arbolado.

**Figura 7.**

*Área basal por clase diamétrica.*



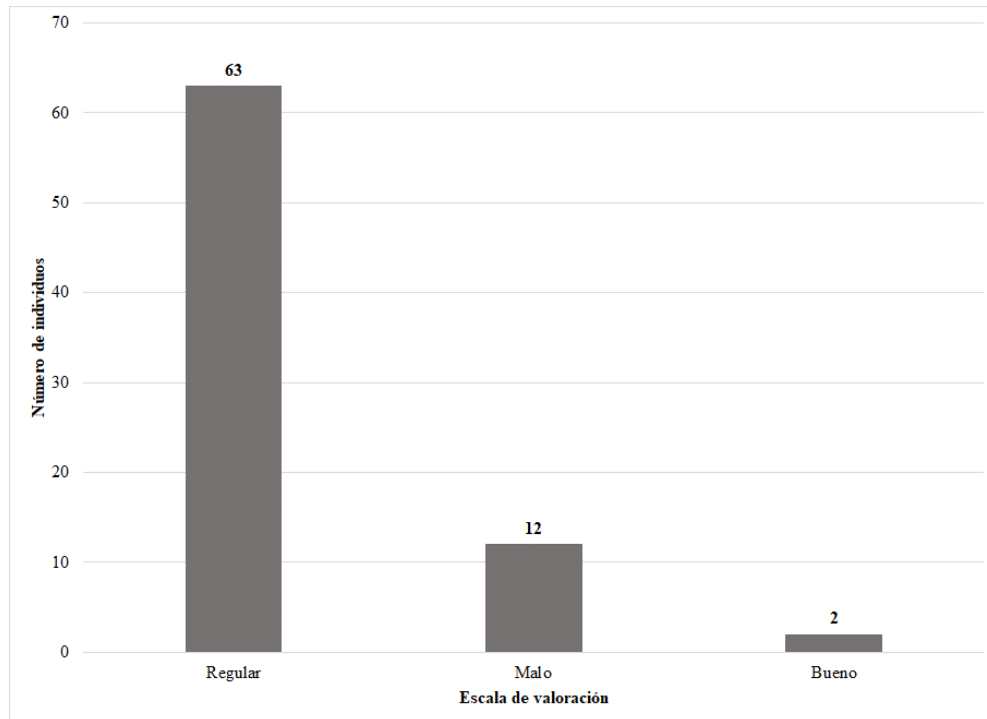
### 4.3 Variables morfométricas arbolado urbano.

#### 4.3.1 Estado de la copa

En la **Figura 8** se puede observar que el 76% de los individuos presenta una copa en estado regular, seguido del 14% en estado malo y el restante 2% fue valorado de forma óptima según la copa.

**Figura 8.**

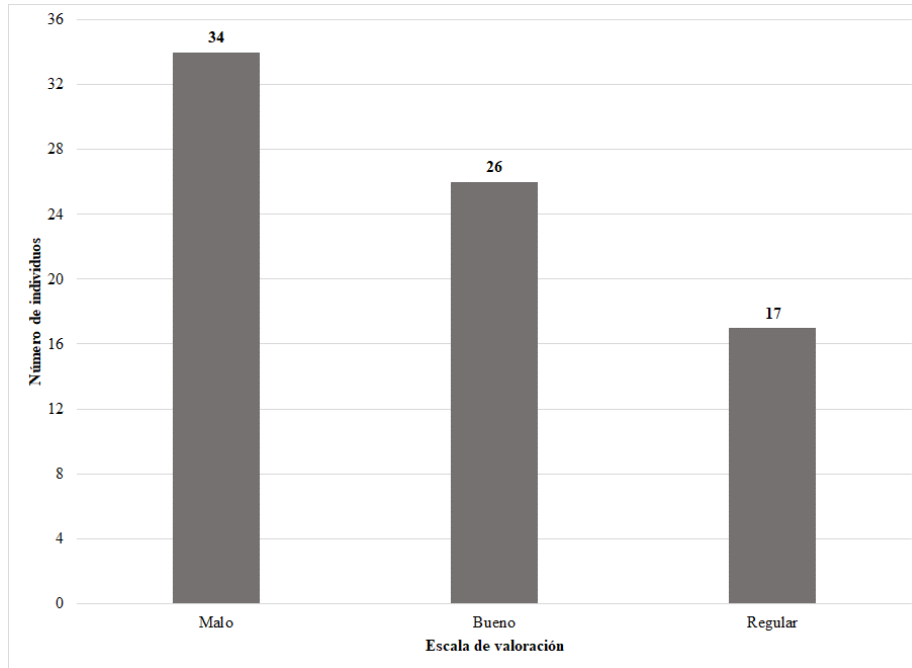
*Número de individuos por estado general de la copa.*

**4.3.2 Estado del fuste**

Los resultados para esta variable muestran que los fustes de 34 árboles (44,2% del total) evaluados se catalogan en mal estado, y que el 33,9% están en buen estado y el restante (17 individuos) presentan en sus fustes daños medios o leve **Figura 9**. Este comportamiento se debe principalmente a daños mecánicos y afecciones como rectitud, inclinación o bifurcación.

**Figura 9.**

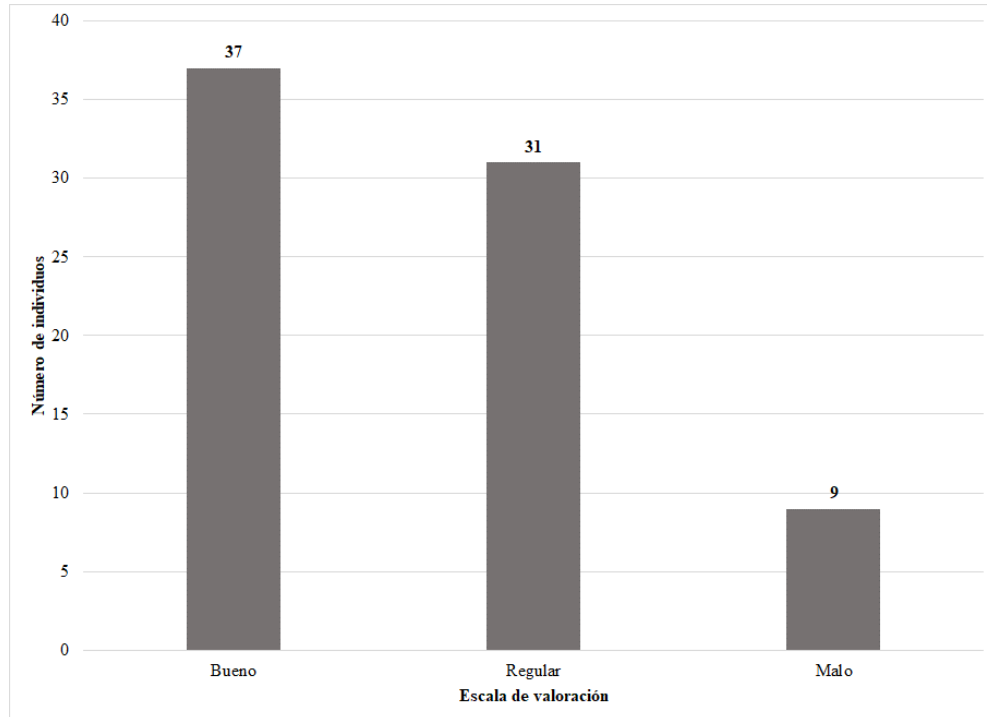
*Número de individuos por estado general del fuste.*

**4.3.3 Estado de la raíz**

De manera general, la **Figura 10** muestra que los datos obtenidos tienen una variación uniforme en cuanto al estado de la raíz. La mayor cantidad de individuos (48,1% del total) dentro de las cuatro localidades presentó raíces en buenas condiciones. Un 40,3% de árboles están en estado regular; y tan solo un 11,7% (9 individuos) están en malas condiciones con sus raíces descubiertas.

**Figura 10.**

*Número de individuos por estado general de la raíz.*



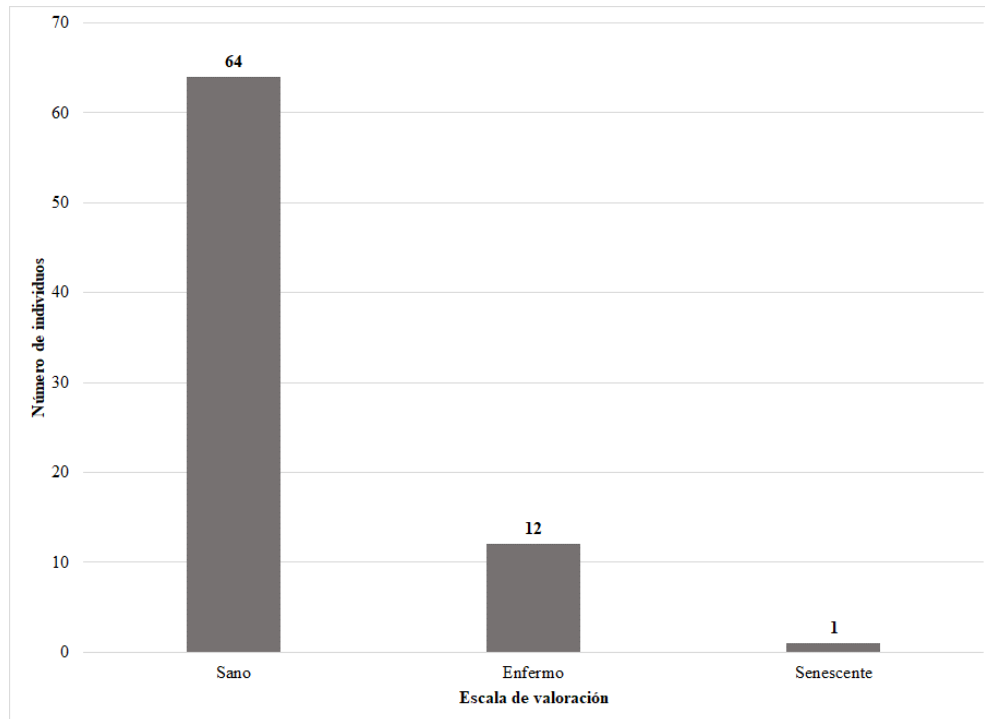
#### **4.3.4 Estado fitosanitario**

Para establecer la valoración del estado fitosanitario del arbolado, se tuvo en cuenta la presencia de plagas y enfermedades. Los resultados indican que el 83,1% de individuos están en un estado bueno o sano, y que el 15,6% del arbolado presenta problemas de clorosis, necrosis, malformaciones, marchitamiento, herviboría y presencia de insectos. Cabe destacar que dentro del estudio se encontró un individuo en estado de senescencia que corresponde a la especie *Bauhinia sp* **Figura 11.**



**Figura 11.**

*Estado fitosanitario general de los individuos.*

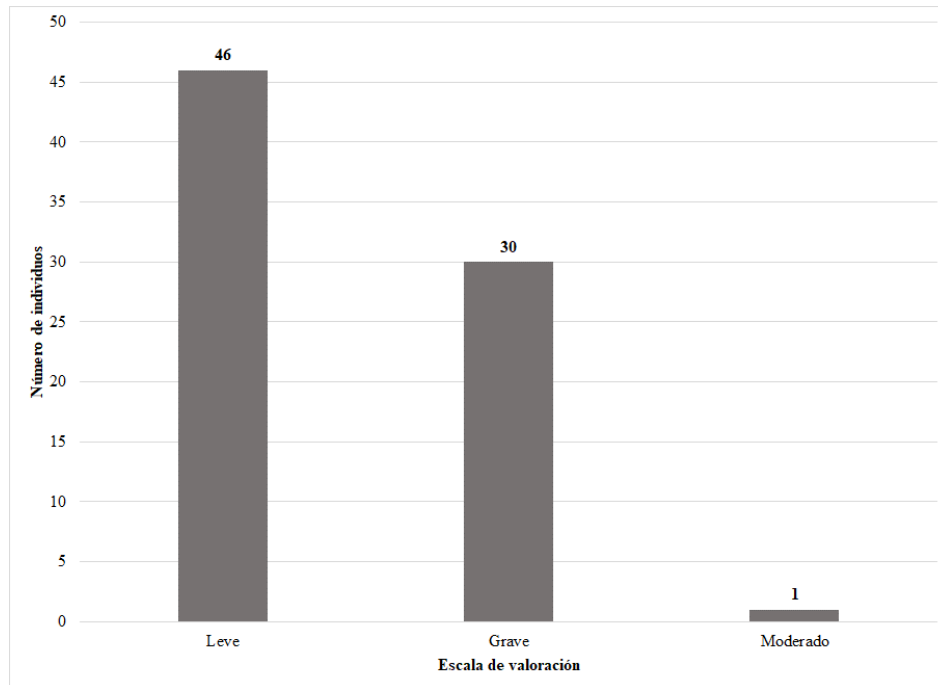


#### **4.3.5 Nivel de riesgo**

Según los resultados del estado de la copa, fuste, raíz y otras observaciones identificadas en campo, cada individuo se clasificó en leve, moderado y grave. La **Figura 12** muestra que el 59,7 % de árboles (46 individuos) no presenta ningún nivel de riesgo a la comunidad, vías, parques, infraestructura y demás componentes de la estructura gris del área urbana. Un 39% de los individuos evidencia un riesgo grave de afectación, debido a que los árboles tienen exceso de ramas, raíces desprovistas o están en peligro de volcamiento. También, se pudo validar que solo un individuo arbóreo se clasificó en nivel de riesgo moderado y representa el 1,3% del total.

**Figura 12.**

*Nivel de riesgo de los individuos arbóreos.*

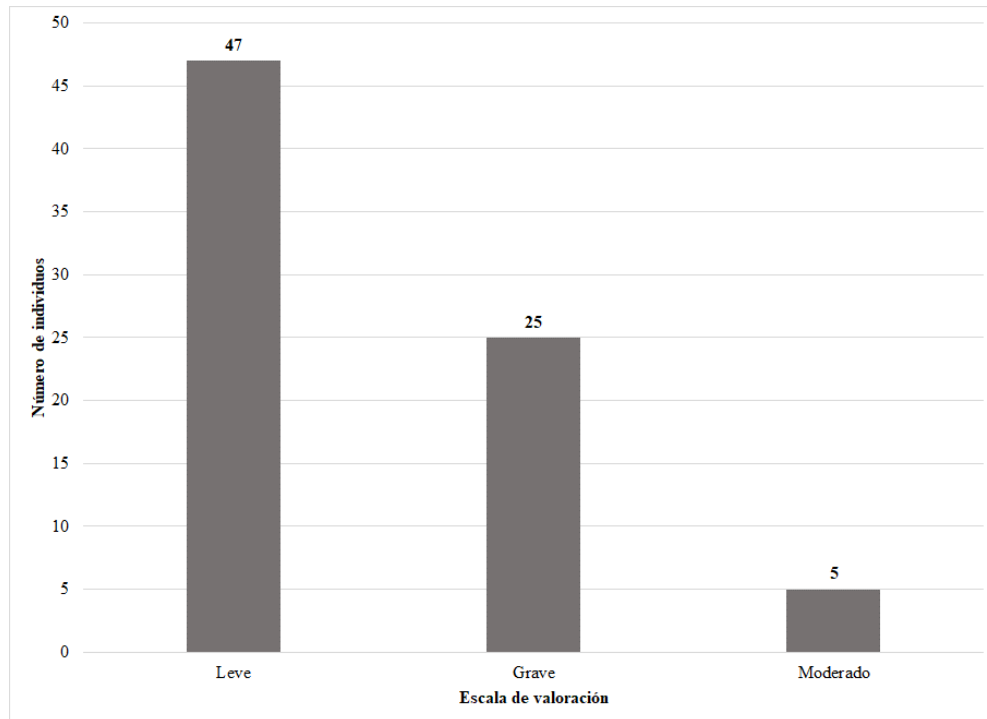


#### **4.3.6 Motivo de intervención**

Al igual que el ítem anterior, se tuvo en cuenta el estado de la copa, fuste, raíz y otras observaciones para clasificar cada individuo en leve, moderado y grave como causa para intervención. En la **Figura 13**, se evidencia que el 61% de árboles (47 individuos) no requiere de intervención urgente. En cambio, un 32,5 % presenta alto grado de afectación, es decir, que estos árboles están en zona de pendiente, son susceptibles al volcamiento, y podrían afectar la infraestructura, afectando igualmente redes eléctricas o de acueducto. Esto se caracterizan por una altura excesiva, razón para contemplar la intervención inmediata por medio de la entidad encargada y así mitigar riesgos a la comunidad. En cuanto al motivo de intervención moderado se encuentran solo cinco individuos que representan el 6,5% de la muestra.

**Figura 13.**

*Motivo de intervención de los individuos arbóreos.*



#### 4.4 Lineamientos de manejo silvicultural

Según la información obtenida en el muestreo y diagnóstico silvicultural realizado al arbolado urbano en cuanto al estado físico y fitosanitario, se presentan algunos lineamientos con el fin de mejorar el manejo, control y tratamiento integral de los individuos arbóreos en las cuatro localidades del área de estudio, de tal forma, que se logre optimizar su desarrollo y los servicios ecosistémicos que estas especies proporcionan al entorno **Tabla 5**.

Con base en los conceptos técnicos dados en cuanto al nivel de riesgo y motivo de intervención, se presentan propuestas para la tala y manejo de los individuos que generan un grave

riesgo dentro del área urbana, lo anterior según las bases metodológicas del Manual de Silvicultura Urbana de Bucaramanga (2022).

**Tabla 5.**

*Aspectos de intervención silvicultural arbolado urbano.*

<b>Técnica silvicultural</b>	<b>Alcance</b>	<b>Métodos</b>
<b>Tala</b>	Remover mediante procedimiento planificado de tala y previa autorización los 30 árboles identificados en nivel alto.	Protocolo de tala y manejo de residuos vegetales, incluida la recolección y disposición de estos.
<b>Poda foliar</b>	Realizar poda de formación en el 100% individuos jóvenes, y para individuos mayores podas de mantenimiento. Esta labor incluye coordinación con entidades prestadoras de servicios públicos como luz y alcantarillado.	Protocolo de poda y manejo de residuos vegetales, incluida la recolección y disposición de estos.
<b>Reemplazo</b>	Remover aquellos individuos, que, por razones fitosanitarias de infestación y ataques severos de plagas o enfermedades, no tengan recuperación fisiológica.	Protocolo de reemplazo, donde se estipule especie, y manejo del establecimiento por mínimo los primeros 5 años.
<b>Poda radicular</b>	Eliminación gradual de fracción del sistema radicular en aquellos individuos	Protocolo de poda radicular, este solo debe aplicar para casos donde la raíz presente afectación menor al

	que afectan redes de servicios públicos y la infraestructura gris	30% en raíces secundarias y del 10% en la principal sección apical.
<b>Monitoreo</b>	Adelantar labores en campo y oficina, referentes al seguimiento y control de cada una de las intervenciones	Diseño de un Sistema de gestión del arbolado urbano.

Se debe considerar el estado de vulnerabilidad de las especies registradas en el muestreo. Según la Resolución 0196 del 2017 expedida por la CDMB, se encontró que la especie *A. excelsum* (Caracolí) está en estado de veda y que de acuerdo con los resultados arrojados en el estudio fue la más abundante.

Dentro de este plan, se contemplarán capacitaciones en diferentes técnicas de poda al personal encargado para que se realice un adecuado trabajo. Asimismo, se generará un protocolo que aplique diferentes métodos de manejo para la prevención de enfermedades, ataque de hongos o insectos que afecten los árboles intervenidos.

Otro aspecto relevante para el funcionamiento de estos lineamientos es el remplazo de individuos mediante un plan de compensación, donde es indispensable el uso de especies nativas y propias de la zona, lo anterior también bajo un enfoque que permita potencializar los servicios ecosistémicos; y se incremente la diversidad de especies a nivel urbano en un escenario de sostenibilidad para el área metropolitana.

## 5. Discusión

La gestión del arbolado urbano es una actividad compleja que requiere de conocimientos silviculturales y aplicaciones técnicas que van desde la selección, producción, establecimiento, desarrollo y mantenimiento, de individuos arbóreos en las ciudades. Por tanto, es fundamental fortalecer los conocimientos de profesionales técnicos y operativos para lograr una gestión silvicultural adecuada de este componente. Aspectos del estudio que Olivas & Poveda (2017) y Afanador (2018), coinciden y afirman es la base para alcanzar metas de sostenibilidad en la silvicultura urbana.

De acuerdo con el inventario forestal realizado en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), hay presencia de aproximadamente 71.405 individuos arbóreos pertenecientes a 311 especies de las cuales 176 son nativas y 133 introducidas (Gómez et al., 2022). Los resultados presentados, complementan esta información a una menor escala de muestreo, donde la proporción de nativas respecto de introducidas fue similar. En tal sentido, es fundamental que dentro de los planes de manejo del arbolado se proyecte una propuesta donde las especies nativas sean base de la estructura ecológica principal de los cuatro municipios, esto, aumentaría la presencia de fauna y polinizadores, y se reduciría la probabilidad de agentes patógenos que afectan y ponen en riesgo los árboles de la ciudad (Gómez et al., 2022).

Según el Manual de Silvicultura Urbana de Bucaramanga (2022) las especies más abundantes dentro del casco urbano son *Licania tomentosa*, *Tabebuia rosea*, *Pithecellobium dulce*, *Magnifera indica* y *Terminalia catappa*, resultados que concuerda con los resultados de esta investigación, donde no solo se buscó su identificación, también, se amplió el rango de estudio al análisis de variables dendrométricas. Respecto de las variables altura y diámetro, se evidenció que

hay una tendencia de J invertida, lo cual apunta a que los individuos arbóreos son de diferente edad y están en estado de desarrollo con un proceso de crecimiento diferente, aspecto igualmente Perdomo & Díaz (2015) identifican como un patrón en árboles urbanos estudiados en la ciudad de Neiva, donde la mayoría presentaron valores bajos de estas dos variables.

Un estudio realizado por Amézquita & Gavilán (2020) al arbolado urbano en el Cantón Norte del Ejército Nacional de Colombia en la ciudad de Bogotá, donde se incluyeron variables fitosanitarias como las analizadas en este estudio, reflejaron buen estado físico y sanitario, sin embargo, la presencia de algunas afecciones que generan alto riesgo de contagio en individuos arbóreos sanos, son reportadas como puntos críticos a ser objeto de manejo forestal.

Zúñiga (2017) en su estudio sobre manejo silvicultural, propone que la generación de lineamientos es fundamental para tener un arbolado en condiciones óptimas y con buen desarrollo, un aspecto que los resultados presentados confirman, desde los productos generados. Finalmente, Ángel & Huertas (2016) estudian los procesos de intervención forestal urbana, y ratifican la necesidad que las compensaciones se lleven a cabo con especies nativas, a fin de reducir, los niveles similares de proporción de estas con las introducidas, algo que para la zona de estudio se identifica como aspecto crítico en la zona de estudio. Lo anterior sin desconocer el rol general de los árboles al interior de las ciudades.

## **6. Conclusiones**

El desarrollo de muestreos forestales en las ciudades es una herramienta que contribuye a la planificación del territorio a largo plazo, en tal sentido, los resultados aportados por el estudio

revelaron la realidad silvicultural de una muestra de individuos, donde se evidencian algunas falencias en la gestión del arbolado urbano desde las variables definidas para el diagnóstico.

En términos generales, las variables dendrométricas analizadas mostraron ser un instrumento de campo adecuado para visualizar la realidad de cada árbol presente en el sector urbano de los municipios seleccionados, de esta forma, se establece que este tipo de informaciones primarias son importantes al momento de planificar el desarrollo urbanístico y forestal en las ciudades a nivel regional y nacional.

Los lineamientos de manejos silvicultural propuestos, son una base de planificación, sobre la cual las autoridades ambientales y demás entidades territoriales encargadas de la gestión ambiental y forestal en las ciudades pueden iniciar labores de intervención ajustadas a la realidad de cada individuo como se mostró en el estudio. De tal forma que la intervención no sea una respuesta al azar sino una solución de planificación y gestión forestal integral.

En tal sentido, se reconoce que actualmente se tienen avances al respecto, pero en pocas ocasiones el concepto final tiene un soporte complementario desde el análisis de variables dendrométricas como el abordado en el estudio. Por tanto, los protocolos mencionados y las acciones definidas deben ser analizadas no de forma genérica inclusive para los cuatro municipios.

Los beneficios ambientales, sociales y económicos que ofrece la silvicultura urbana son significativos y van desde la mitigación del cambio climático hasta la promoción de la salud mental y el bienestar de las personas. Sin embargo, para maximizar su impacto positivo, es fundamental implementar políticas y prácticas que fomenten el crecimiento y mantenimiento sostenible de zonas verdes en las ciudades, integrando la silvicultura urbana como parte integral del desarrollo urbano planificado.



## **7. Recomendaciones**

Mantener un vínculo entre el programa de ingeniería forestal y las autoridades ambientales y territoriales que tenga a cargo el manejo silvicultural urbano en el área metropolitana de Bucaramanga, lo anterior fortalece los espacios futuros de trabajo forestal para los profesionales UIS.

Integrar nuevas variables dendrométricas a los análisis del arbolado urbano no solo en el área metropolitana de Bucaramanga, sino, en otras localidades de Santander, de tal forma, que a nivel departamental se tengan bases de datos que permitan planificar las acciones de intervención de los árboles y la comprensión de los patrones de su desarrollo y crecimiento.

Profundizar el estudio de la silvicultura urbana desde la construcción de instrumentos para su análisis, aspectos donde aún se tienen vacíos de información, y qué, desde el programa de ingeniería forestal pueden ser aportados, lo anterior en un escenario de proyección que permita visualizar el programa desde la solución a problemáticas forestales.

### Referencias bibliográficas

- Acuña, L. M., Andrade, H. J., Segura, M. A., Sierra-Ramírez, E., Canal-Daza, D. S., & Greñas-Corrales, O. E. (2021). Mitigation of greenhouse gas emissions from households by urban woodland in Ibagué, Colombia. *Ambiente & Sociedade*, 24, 1–20. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200191vu202113ao>
- Afanador, G. (2018). Diseño de estrategias de manejo silvicultural para la población arbórea urbana del municipio de Saravena Departamento de Arauca.
- AMB. (2023). Bucaramanga - AMB. <https://www.amb.gov.co/bucaramanga/>
- Amézquita, A., & Gavilán, E. (2020). Censo del arbolado urbano ubicado en el Cantón Norte del Ejército Nacional de Colombia en la ciudad de Bogotá D.C.
- Ángel, S., & Huertas, K. (2016). Caracterización, diagnóstico y manejo del arbolado y zonas verdes de las instalaciones de la Escuela de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN.
- Buijs, A., Hansen, R., Van der Jagt, S., Ambrose-Oji, B., Elands, B., Lorange Rall, E., Mattijssen, T., Pauleit, S., Runhaar, H., Stahl Olafsson, A., & Steen Møller, M. (2019). Mosaic governance for urban green infrastructure: Upscaling active citizenship from a local government perspective. *Urban Forestry and Urban Greening*, 40, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.011>
- Cárdenas, A. C. (2022). Servicios ecosistémicos del arbolado urbano de los espacios públicos del valle del río Aburrá en Medellín.

Carvajal, F. (2020). La Conectividad Ecológica en el Ordenamiento Territorial: una mirada a la regulación del Paisaje Natural de Medellín.

CDMB. (2017). Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga Resolución N° 0196. [www.cdm.gov.c](http://www.cdm.gov.c)

CDMB. (2021). CDMB - Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. <http://www.cdm.gov.co/>

De La Barra, J. R., Ponce-Donoso, M., Vallejos-Barra, O., Daniluk-Mosquera, G., & Coelho Duarte, A. P. (2018). Comparison of four methods of visual risk tree assessment in urban areas. *Colombia Forestal*, 21(2), 161–173. <https://doi.org/10.14483/2256201X.12604>

de Lima, M. (2022). Manual de silvicultura urbana y periurbana.

Echeverry, D. M., Rodríguez, D. C. U., & Balaguera, H. E. (2019). Physiological responses of tree species to waterlogging condition. New Knowledge about species of interest in the urban trees of Bogota. *Colombia Forestal*, 22(1), 51–67. <https://doi.org/10.14483/2256201X.13453>

Fardin, S. C. S. G., Fardin, H. D., & Fardin, H. D. (2018). Urban land regularization in social interest areas: Law and application of environmental instruments. *Ciencia Florestal*, 28(2), 854–862. <https://doi.org/10.5902/1980509832108>

Gómez, W., Dueñas, J., Cáceres, L., Rey, B., Rodríguez, J., Lizcano, M., & Carvajal, I. (2022). Manual de Silvicultura Urbana de Bucaramanga.

- Guimarães, M. G., & Cardoso, R. A. F. (2019). Diagnóstico e análise dos conflitos da arborização urbana: estudo de caso do Bairro do Grajaú (Rio de Janeiro). *Revista Internacional de Ciências*, 9(1), 92–104. <https://doi.org/10.12957/ric.2019.37464>
- Márquez, F. (2016). Bosque Urbano. Otro método de entender el arbolado de la ciudad y su paisaje. *Conceptos*, 496, 121–137.
- Molina, L. F., & Acosta, C. F. (2018). Orígenes y evolución de las arborizaciones urbanas en América Latina con énfasis en Bogotá y Medellín. Formas urbanas colonial, republicana y protomoderna. *Gestión y Ambiente*, 21(2), 276–290. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2.74906>
- Nieri, E., dos Santos, L., König Brun, F., Brun, E., Krefta, S., & Grisi Macedo, R. (2018). Condições que interferem no vigor das árvores urbanas: um estudo de revisão.
- Olivas, N., & Poveda, E. (2017). Diagnóstico de la gestión del arbolado urbano público del Parque Histórico Nacional Loma de Tiscapa, Managua, Nicaragua.
- Otaya, L., Sánchez, R., Morales, L., & Botero, V. (2006). Los sistemas de información geográfica (SIG), una gran herramienta para la silvicultura urbana. In *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* (Vol. 59, Issue 1).
- Owuor, J. A., Whitehead, I., & De Vreese, R. (2022). Desbloqueando el potencial de los bosques urbanos: Desarrollo de un plan de acción local de silvicultura urbana. [www.uforest.eu](http://www.uforest.eu)
- Perdomo, A., & Díaz, W. (2015). Diagnóstico piloto y plan de manejo de arborización en la ciudad de Neiva.

- Rodríguez, M. (2023). La importancia de las reservas naturales urbanas como espacios de identidad ecológica de los territorios. *Cienciamatria*, 9(17), 207–222. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i17.1134>
- Ruano, J. E. (2019). Estimación de la captura de carbono en el Ecoparque de Las Garzas, Cali Valle del Cauca.
- Sierra, E. (2020). Relación entre la emisión de gases de efecto invernadero y las características sociodemográficas y socioeconómicas de hogares del municipio de Ibagué, Tolima, Colombia.
- Solorza, J., & Avendaño, J. A. (2021). Equidad espacial urbana: una aproximación desde el arbolado en corredores de movilidad en Bogotá-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 24(2), 97566. <https://doi.org/10.15446/ga.v24n2.97566>
- Tovar, G. (2013). Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 22(1), 119–136. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74829048012>
- Zaccagnini, M. E., Wilson, M., & Oszust, J. D. (2014). Manual de Buenas Prácticas para la Conservación del suelo, la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. <https://doi.org/10.13140/2.1.1820.7045>
- Zúñiga, B. (2017). Valoración de la arboricultura y lineamientos para el manejo en 12 parques del Cantón de desamparados, San José, Costa Rica.

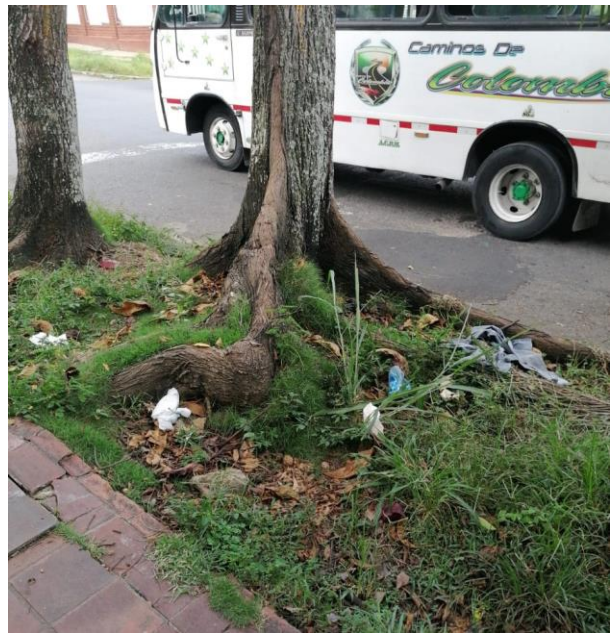
**Apéndices**

**Apéndice A. Estado físico de los individuos arbóreos.**





**Apéndice B. Raíces descubiertas.**



**Apéndice C. Individuos muertos en pie.**



**Apéndice D. Afectaciones a la infraestructura.**

