

ANEXO 2

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES (Licencia de uso)

Bogotá, D.C., 24 de febrero de 2014

Señores
Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J.
Pontificia Universidad Javeriana
Cuidad

Los suscritos:

María Angélica Fernández Ortiz, con C.C. No 1032428431
_____, con C.C. No _____
_____, con C.C. No _____

En mi (nuestra) calidad de autor (es) exclusivo (s) de la obra titulada:

Relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas y los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá

(por favor señale con una "x" las opciones que apliquen)

Tesis doctoral Trabajo de grado Premio o distinción: Si No

cual:

presentado y aprobado en el año 2013, por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Pontificia Universidad Javeriana para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mi (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autorizan a la Pontificia Universidad Javeriana, a los usuarios de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J., así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un convenio, son:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la sala de tesis y trabajos de grado de la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previo convenio perfeccionado con la Pontificia Universidad Javeriana para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones	X	
6. La inclusión en la Biblioteca Digital PUJ (Sólo para la totalidad de las Tesis Doctorales y de Maestría y para aquellos trabajos de grado que hayan sido laureados o tengan mención de honor.)	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

De manera complementaria, garantizo (garantizamos) en mi (nuestra) calidad de estudiante (s) y por ende autor (es) exclusivo (s), que la Tesis o Trabajo de Grado en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi (nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy (somos) el (los) único (s) titular (es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Pontificia Universidad Javeriana por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Pontificia Universidad Javeriana está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: Información Confidencial:

Esta Tesis o Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de una investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. Si No

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

NOMBRE COMPLETO	No. del documento de identidad	FIRMA
María Angélica Fernández Ortiz	103242831	

FACULTAD: Estudios Ambientales y Rurales

PROGRAMA ACADÉMICO: Ecología

ANEXO 3
BIBLIOTECA ALFONSO BORRERO CABAL, S.J.
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS DOCTORAL O DEL TRABAJO DE GRADO
FORMULARIO

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS DOCTORAL O TRABAJO DE GRADO						
Relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas y los Tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá						
SUBTÍTULO, SI LO TIENE						
AUTOR O AUTORES						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Fernández Ortiz			María Angélica			
DIRECTOR (ES) TESIS DOCTORAL O DEL TRABAJO DE GRADO						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Devia Castillo			Carlos Alfonso			
FACULTAD						
Estudios Ambientales y Rurales						
PROGRAMA ACADÉMICO						
Tipo de programa (seleccione con "x")						
Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado			
X						
Nombre del programa académico						
Ecología						
Nombres y apellidos del director del programa académico						
José Nicolás Urbina-Cardona						
TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:						
Ecóloga						
PREMIO O DISTINCIÓN <i>(En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):</i>						
CIUDAD		AÑO DE PRESENTACIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO			NÚMERO DE PÁGINAS	
Bogotá		2013			87	
TIPO DE ILUSTRACIONES (seleccione con "x")						
Dibujos	Pinturas	Tablas, gráficos y diagramas	Planos	Mapas	Fotografías	Partituras
		X		X	X	
SOFTWARE REQUERIDO O ESPECIALIZADO PARA LA LECTURA DEL DOCUMENTO						
Nota: En caso de que el software (programa especializado requerido) no se encuentre licenciado por la Universidad a través de la Biblioteca (previa consulta al estudiante), el texto de la Tesis o Trabajo de Grado quedará solamente en formato PDF.						

MATERIAL ACOMPAÑANTE					
TIPO	DURACIÓN (minutos)	CANTIDAD	FORMATO		
			CD	DVD	Otro ¿Cuál?
Vídeo	NA				
Audio	NA				
Multimedia	NA				
Producción electrónica	NA				
Otro Cuál?					
DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL E INGLÉS					
Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Sección de Desarrollo de Colecciones de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J en el correo biblioteca@javeriana.edu.co , donde se les orientará).					
ESPAÑOL			INGLÉS		
Deservicios			Disservice		
Planeación			Planning		
Ecourbanismo			Ecourbanism		
Sostenibilidad			Sustainability		
Arborización urbana			Urban trees		
RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS					
(Máximo 250 palabras - 1530 caracteres)					
<p>RESUMEN:</p> <p>Se realizó en la ciudad de Bogotá donde se identificaron 4 zonas, según el mapa de zonificación geotécnica. Al cubrir el terreno con una capa asfáltica o pavimentada se impide la evaporación, como consecuencia se produce un aumento en la humedad del suelo respecto de las áreas no cubiertas (Acuña y Salazar 1997). Por esta razón los árboles dirigen sus raíces hacia las primeras buscando la mayor humedad causando la desecación y la contracción del suelo (Beltrán L, 1994). Se busca identificar si existen relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas, los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá. Para desarrollarlo se identificaron avenidas para cada zona con presencia de árboles que generen afectación sobre la infraestructura vial de Bogotá. Se caracterizó la especie y la morfología de 200 individuos (50 por zona), determinando: DAP (diámetro a la altura del pecho), Altura Área de proyección de la copa, Distancia al bordillo, Tipo de daño y Cantidad de grietas para finalmente determinar las relaciones causa efecto entre las características morfológicas de las especies y la zona en que se hacen presentes y los daños a la infraestructura. Se recomienda tener en cuenta el tipo de material que rodea al árbol, ya que el comportamiento de algunos materiales es diferente según la humedad y fuerza ejercida por la raíz. Y de este modo seleccionar para cada zona grupos de igual cantidad de individuos que presenten características semejantes en cuanto entorno, especie y edad.</p>					

ABSTRACT:

It was held in Bogotá where 4 areas were identified according to the map of geotechnical zoning by covering the soil with an asphalt or paved layer evaporation as a result there is an increase in soil moisture in respect of the areas is precluded covers (Acuña and Salazar 1997). For this reason the trees roots to direct their first seeking greater moisture causing drying and shrinkage of the soil (Beltrán L, 1994). It seeks to identify whether relationships between tree species, their morphological characteristics, soil types, and the effects on road infrastructure in Bogotá there. To develop avenues for each zone with the presence of trees that generate involvement on road infrastructure Bogotá identified the species and morphology of 200 individuals (50 zone) was characterized by determining : DBH (diameter at breast height) Height projection area of the glass , Distance from curb damage type and number of cracks to finally determine the cause and effect relationships between the morphological characteristics of the species and the area in which they are present and damage to infrastructure. It is recommended to consider the type of material that surrounds the tree, since the behavior of some materials is different depending on humidity and force exerted by the root. And so for each zone selected groups of equal number of individuals who have characteristics similar as environment, species and age.

Relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas y los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá



AUTOR
María Angélica Fernández Ortiz

DIRECTOR
Carlos Devia

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
ECOLOGIA
Bogotá D.C.
2013

Relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas y los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá

Lista de Capítulos.....	3
Lista de Tablas.....	3
Lista de Figuras.....	4
Lista de Gráficas.....	5
Resumen.....	6
Abstract.....	7
1. Introducción.....	9
1.1 Problema.....	9
1.2 Justificación.....	10
2. Objetivos.....	11
2.1 General.....	11
2.2 Específicos.....	11
3. Marco referencial.....	11
3.1 Clima y suelo.....	12
3.2 Ecofisiología.....	12
3.2.1 La Raíz.....	13
3.2.2 Fisiología de la Raíz.....	13
3.3 Beneficios y problemas del arbolado urbano.....	14
3.3.1 Beneficios.....	14
3.3.2 Problemas.....	15
3.4 Planeación y urbanismo.....	18
3.4.1 Características de las especies propicias para la arborización urbana.....	18
3.4.1.1 Resistencia al ataque de plagas y enfermedades.....	18
3.4.1.2 Longevidad.....	18
3.4.1.3 Contraste y valor decorativo.....	19
3.4.1.4 Follaje.....	19
3.4.1.5 Ramificación.....	19
3.4.1.6 Corteza.....	19
3.4.1.7 Flor y fruto.....	19
3.4.2 Selección de especies.....	19
3.4.3 Características de los espacios propicios para la arborización urbana.....	20
3.4.3.1 Retiro a quebradas.....	20
3.4.3.2 Parques lineales de quebradas.....	21
3.4.3.3 Cerros tutelares.....	21
3.4.3.4 Parques borde.....	21
3.4.3.5 Zonas inestables.....	21
3.4.3.6 Zonas de altas pendientes (mayor a 30%).....	22
3.4.3.7 Andenes.....	22
3.4.3.8 Corredores de redes de servicio público.....	22
3.4.3.9 Intercambio vial.....	22

3.4.3.10 Antejardines.....	22
3.4.3.11 Retiro a vías y a edificaciones.....	23
3.4.4 Silvicultura urbana.....	23
3.4.4.1 Arboricultura.....	23
3.4.4.2 Espacio Público.....	23
3.5 Especies.....	23
3.6 Diagrama de componentes y relaciones.....	33
3.7 Antecedentes.....	33
4. Área de estudio.....	36
4.1 Ciudad de Bogotá.....	36
4.1.1 Contexto Geográfico.....	36
4.1.2 Contexto Biofísico.....	37
4.1.3 Contexto Social.....	37
4.2 Mapa de suelos.....	37
5. Materiales y métodos.....	39
5.1 Diagrama de Flujo.....	40
6. Resultados.....	41
6.1 Identificación de las avenidas para cada zona con presencia de árboles que generen afectación sobre la infraestructura vial de Bogotá.	39
6.2 Caracterización zona, especie, nombre común, morfología y daños.....	45
6.3 Relaciones causa efecto entre las características morfológicas de las especies y la zona en que se hacen presentes y los daños a la infraestructura.....	55
7. Discusión.....	59
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	64
9. Referencias.....	67
10. Anexos.....	69

Lista de Capítulos

1. Introducción.....	9
2. Objetivos.....	11
3. Marco referencial.....	11
4. Área de estudio.....	36
5. Materiales y métodos.....	39
6. Resultados.....	41
7. Discusión.....	59
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	64
9. Referencias.....	67
10. Anexos.....	69

Lista de Tablas

Tabla 1. Ficha técnica <i>Acacia dealbata</i>	24
Tabla 2. Ficha técnica <i>Acacia melanoxylon</i>	25
Tabla 3. Ficha técnica <i>Prunus serotina</i>	26
Tabla 4. Ficha técnica <i>Eucalyptus globulus</i>	27
Tabla 5. Ficha técnica <i>Schinus molle</i>	28
Tabla 6. Ficha técnica <i>Liquidambar styraciflua</i>	29
Tabla 7. Ficha técnica <i>Sambucus nigricans</i>	30
Tabla 8. Ficha técnica <i>Fraxinus chinensis</i>	31
Tabla 9. Ficha técnica <i>Ficus tequendamae</i>	32
Tabla 10. Formato para toma de datos en campo.....	41
Tabla 11. Niveles de daños según efectos sobre la infraestructura vial.....	41
Tabla 12. Datos colectados, Zona 1.....	46
Tabla 13. Datos colectados, Zona 2.....	47
Tabla 14. Datos colectados, Zona 3.....	48
Tabla 15. Datos colectados, Zona 4.....	49
Tabla 16. Individuos por nivel de afectación.....	50
Tabla 17. Nivel de afectación más recurrente según zona.....	53
Tabla 18. Resultados ANOVA.....	58

Lista de Figuras

Figura 1. Afectaciones en la infraestructura vial.....	10
Figura 2. Afectación a andén.....	16
Figura 3. Afectación líneas eléctricas aéreas.....	16
Figura 4. Afectación señales de tránsito.....	17
Figura 5. Afectación visibilidad automóviles/ transeúntes.....	17
Figura 6. <i>Acacia dealbata</i>	24
Figura 7. <i>Acacia melanoxylon</i>	25
Figura 8. <i>Prunus serótina</i>	26
Figura 9. <i>Eucalyptus globulus</i>	27
Figura 10. <i>Schinus molle</i>	28
Figura 11. <i>Liquidambar styraciflua</i>	29
Figura 12. <i>Sambucus nigricans</i>	30
Figura 13. <i>Fraxinus chinensis</i>	31
Figura 14. <i>Ficus tequendamae</i>	32
Figura 15. Diagrama Componentes y relaciones.....	33
Figura 16. Mapa Bogotá.....	36
Figura 17. Mapa tipos de suelo de Bogotá.....	38
Figura 18. Fases del proyecto de investigación.....	40
Figura 19. Mapa tipos de suelo y zonas muestreadas.....	42

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Nivel de afectación de los individuos muestreados.....	50
Gráfica 2. Nivel de afectación según entorno Pasto / Concreto.....	50
Gráfica 3. Nivel de afectación zona 1.....	51
Gráfica 4. Nivel de afectación zona 2.....	51
Gráfica 5. Nivel de afectación zona 3.....	51
Gráfica 6. Nivel de afectación zona 4.....	51
Gráfica 7. Nivel de afectación <i>Acacia dealbata</i>	52
Gráfica 8. Nivel de afectación <i>Eucaliptus globulus</i>	52
Gráfica 9. Nivel de afectación <i>Ficus tequendamae</i>	52
Gráfica10. Nivel de afectación <i>Fraxinus chinensis</i>	52
Gráfica11. Nivel afectación <i>Liquidambar styraciflua</i>	52
Gráfica 12. Nivel de afectación <i>Schinus molle</i>	52
Gráfica 13. Individuos por especie según nivel de afectación zona 1.....	54
Gráfica 14. Individuos por especie según nivel de afectación zona 2.....	54
Gráfica 15. Individuos por especie según nivel de afectación zona 3.....	54
Gráfica 16. Individuos por especie según nivel de afectación zona 4.....	54
Gráfica 17. Individuos por especie según la zona.....	55
Gráfica 18. Relación cantidad de grietas versus DAP y altura.....	56
Gráfica 19. Relación cantidad de grietas versus área de proyeccion de la copa y distancia al bordillo.....	57
Gráfica 20. Valor-P de las variables independientes de estudio sobre el nivel de afectación y cantidad de grietas.....	59

Relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas y los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá

RESUMEN

Al cubrir el terreno con una capa asfáltica o pavimentada se impide la evaporación, como consecuencia se produce un aumento en la humedad del suelo respecto de las áreas no cubiertas (Acuña y Salazar 1997). Por esta razón los árboles dirigen sus raíces hacia las primeras buscando la mayor humedad causando la desecación y la contracción del suelo (Beltrán L, 1994). Asimismo en el libro *Pulmones para Santa fe de Bogotá* explica que si parte de la superficie del suelo correspondiente al área aferente del árbol se cubre con un material impermeable como asfalta o se construye una casa, el árbol se ve obligado a modificar el arreglo de sus raíces y a extraer del suelo la máxima cantidad de agua posible.

El objetivo de este trabajo es identificar si existen relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas, los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá. Para desarrollarlo se identificaron avenidas para cada zona con presencia de árboles que generen afectación sobre la infraestructura vial de Bogotá, Caracterizar la especie y la morfología de 200 individuos (50 por zona), determinando: DAP (diámetro a la altura del pecho), Altura Área de proyección de la copa, Distancia al bordillo, Tipo de daño y Cantidad de grietas para finalmente determinar las relaciones causa efecto entre las características morfológicas de las especies y la zona en que se hacen presentes y los daños a la infraestructura

Se realizó en la ciudad de Bogotá donde se identificaron 4 zonas, según el mapa de zonificación geotécnica, Zona 1: Compuesta en su mayoría por suelos de tipo arcillo limoso, de color pardo grisáceo muy oscuro, con una consistencia friable, pegajosa y plástica. Comprende el sur y suroccidente de la capital, limitando con la calle 13 y la avenida Boyacá. Zona 2: Contiene un elevado porcentaje de suelos de tipo arcilloso, de color grisáceo con manchas pardo amarillentas con una consistencia firme, pegajosa y plástica. Abarca la zona centro de la ciudad y el occidente de la avenida Boyacá entre las calles 13 y 80. Zona 3: Caracterizada por suelos de tipo franco arcillo arenoso, de color gris oscuro y consistencia firme y plástica con presencia abundante de poros. Está ubicada al norte de la autopista Medellín y el sureste de la ciudad. Zona 4: Presenta suelos de tipo franco arcillo limoso de color gris muy oscuro en húmedo y de consistencia firme, pegajosa y plástica Comprende el sector oriental de la capital, desde la Avenida Caracas hasta los héroes, la totalidad de la Carrera Séptima y la Avenida Circunvalar, en ésta se muestrearon individuos desde la Carrera 1^a a la Carrera 7^a desde la calle 34 hasta la calle 70 (Acuña, 1994).

Los resultados indicaron que el 85% del muestreo se centra en tres especies las cuales son: *Ficus tequendamae* (Caucho Tequendama) con un 40% (81

individuos), siguiéndole *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar) con el 25% (51 individuos) y *Fraxinus chinensis* (Urapan) con el 20% (40 individuos), esto puede hacer que los resultados para las otras especies no sean tan certeros debido a la diferencia de individuos entre sí, por lo tanto se recomienda evaluar los individuos en iguales cantidades para lograr obtener datos más precisos y de este modo lograr evaluar mejor el comportamiento urbano de las especies para realizar una buena y efectiva planeación y buen manejo del arbolado urbano.

En el trabajo se concluyó que la zona 2, (Calle 80 por el sector de la carrera 111 hacia el occidente) presenta características de suelo arcilloso, lo cual ocasiona impermeabilidad, adicionalmente hay presencia de losas de concreto que rodean a los individuos, generando de este modo que el daño en esta zona sea mayor sobre la infraestructura vial, ya que las raíces deben reacomodarse para lograr suplir su requerimiento hídrico, lo que ratifica el alto nivel de afectaciones 3 y 4 (98%).

De las especies estudiadas el Liquidambar, *Liquidambar styraciflua*, fue la especie con menor porcentaje de nivel de afectación 4 (25%), podría deberse a que sus raíces son de profundidad media, profundizándose más en lugar de aferrarse hacia la superficie, también son raíces poco ramificadas, abundantes y de longitud mediana, disminuyendo de este modo el rompimiento de las losas de concreto.

ABSTRACT

By covering the soil with a layer paved asphalt or evaporation is prevented, as a result there is an increase in soil moisture compared to uncovered areas (Acuña and Salazar 1997). For this reason the trees roots to direct their first seeking greater moisture causing drying and shrinkage of the soil (Beltrán L, 1994). Also in the book lungs to Santa fe de Bogota explains that part of the soil surface area corresponding to afferent tree is covered with a waterproof material such as asphalt or a house is built, the tree is forced to modify the settlement of their roots and soil to extract the maximum amount of water possible.

The objective of this work is to identify whether relationships between tree species, their morphological characteristics, soil types, and the effects on road infrastructure in Bogotá there. DBH (diameter at breast height) Distance, Height Projection area of the cup: To develop avenues for each zone with the presence of trees that generate involvement on road infrastructure Bogotá, characterize the species and morphology of 200 individuals (50 per zone) were identified by determining the curb , damage type and number of cracks to finally determine the cause and effect relationships between the morphological characteristics of the species and the area in which they are present and damage to infrastructure.

Was held in Bogotá where 4 areas were identified according to the map of geotechnical zoning, Zone 1: Composed mostly of soils of silty clay type, very dark grayish-brown, with a friable, sticky and plastic consistency. Understands the south and southwest of the capital, bordering 13th Street and Boyaca avenue. Zone 2: Contains a high percentage of clay-type soils, grayish brown with yellowish spots with a firm, sticky and plastic consistency. It covers the city center and west of Boyacá Avenue between 13 and 80 area. Zone 3: Characterized by soil type sandy clay loam, dark gray and firm and plastic consistency with abundant pores. It is located north of Medellin highway and southeast of the city. Zone 4: Presents flooring type wet dark frank and firm, sticky and plastic consistency gray silty clay comprises the eastern part of the capital , from Caracas Avenue to the heroes, the entire Seventh Avenue and Race bypass in this individuals were sampled from 1a to Avenue 7 from 34th Street to 70th Street (Acuña, 1994).

The results indicated that 85% of sampling focuses on three species which are: *Ficus tequendamae* (Rubber Tequendama) with 40% (81 individuals), followed *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar) with 25% (51 individuals) and *Fraxinus chinensis* (Urapan) with 20% (40 individuals), this may cause the actual results for the other species are not as accurate due to the difference between individuals, therefore it is recommended to evaluate individuals in equal amounts in order to obtain data more accurate and thus achieve better assess the behavior of urban species to a good and effective planning and good management of urban trees .

The paper concluded that the zone 2 (St. 80 by career sector 111 to the west) presents characteristics of clay soil, which causes tightness additionally are present concrete surfaces surrounding individuals, generating thus the damage in this area is greater on road infrastructure, since the roots are rearranged to achieve supply their water requirements, which confirms the high level of affectations 3 and 4 (98%).

Of the species studied, Liquidambar, *Liquidambar styraciflua* , was the species with the lowest percentage of involvement level 4 (25%) , could be because its roots are medium depth, deepening more instead of clinging to the surface , are also roots slightly branched, abundant medium length, thereby decreasing the breaking of concrete slabs .

1. INTRODUCCION

1.1 Problema

Los árboles en las ciudades aparte de ofrecer un servicio de ornamentación, son una fuente de descontaminación del aire, sin embargo en algunos casos los árboles en la ciudad presentan deservicios, término que hace referencia a los costos y a las afectaciones que acarrea el arbolado urbano pues algunas veces es causante del deterioro de la malla vial, generando deformaciones, ondulaciones y agrietamientos sobre el pavimento (Molina y Vargas, 2012).

Los árboles de Bogotá, son vitales y se debe gestionar un buen manejo y planeación de siembra que permita un buen desarrollo de las especies para que puedan cumplir a cabalidad su función de brindar diversos servicios ecosistémicos y evitar que puedan convertirse en elementos destructivos sobre la infraestructura vial.

Los temas de calidad funcional y estética del paisaje urbano adquieren una importancia creciente para la planificación del paisaje, en lo que se refiere a conocimientos técnicos sobre el comportamiento de la arborización urbana, material vivo de composición que sufre transformaciones con el tiempo. La peor contaminación del aire ha tenido lugar dentro y alrededor de las zonas urbanas e industriales.

Para la óptima selección de especies se debe tener en cuenta su comportamiento en el medio urbano, mediante la observación de las relaciones entre las características morfológicas de la especie, los tipos de suelo, y los niveles de afectación sobre la infraestructura vial.

Algunos de los factores que inciden sobre el desarrollo de las especies urbanas son de tipo ambiental y fisiológico ya que cada especie requiere cantidades determinadas de agua diaria para su supervivencia y desarrollo. Esa cantidad es función de la especie, y dentro de ella, el tipo de suelo y tamaño (altura, diámetro del tronco y follaje) del árbol (Beltrán, 1994).

Es importante identificar los temas y problemas relacionados con la plantación de árboles urbanos del mismo modo los factores que contribuyen a los problemas, por ejemplo las características físicas de los árboles varía en función de la especie. Algunos árboles tienen rápida tasa de crecimiento y algunos no, debido a que la ubicación de la plantación juega un papel importante en dar espacios adecuados para el proceso de crecimiento de los árboles (Kadir, Othman. 2011). Cuando un cierto árbol ha alcanzado su nivel de madurez, el tamaño de las raíces se ampliará. Esta voluntad sin duda afecta a los alrededores de los árboles, especialmente a las aceras o zonas pavimentadas. Las aceras, calzadas y otras superficies pavimentadas se romperán o levantarán cuando las raíces aumenten en su diámetro, los daños que provoquen las raíces del árbol sobre las aceras y el

pavimento es otro grave problema ya que podría perjudicar a los usuarios, tanto transeúntes como vehículos (Kadir, Othman. 2011).

1.2 Justificación

En los últimos años se ha observado una disminución considerable del arbolado urbano, muchos de los árboles han desaparecido del paisaje de nuestra ciudad, trayendo consigo un deterioro del ambiente que se ha manifestado en una reducción de la humedad atmosférica y un aumento de la temperatura y contaminación. (Molina, Vargas 2012)

Al momento de transitar por algunas avenidas de la ciudad de Bogotá es frecuente observar que los árboles presentan afectaciones sobre la malla vial, causando deformaciones en andenes y vías, para esto es necesario realizar un análisis del comportamiento de las especies que presentan estos daños, el tipo de suelo donde están plantadas y ver cómo según sus características morfológicas son los niveles de daños que presentan sus alrededores.

Esto con el fin de realizar una buena planificación de los programas de arbolado urbano, para de este modo ofrecer de manera óptima todos los servicios ecosistémicos que ofrecen los árboles en una ciudad, y dándole al árbol un espacio adecuado.



Figura 1. Afectaciones en la infraestructura vial, a causa de los árboles. Fotografía: Javier Fernández.

El desconocimiento de las características físicas de la capital dió como resultado el establecimiento de especies inconvenientes en sitios inadecuados, ocasionando la muerte o escaso desarrollo de la vegetación o la afectación de la infraestructura urbana, especialmente por parte del sistema radical. Ante estos resultados, varias especies fueron declaradas de manera precipitada, no aptas para la arborización urbana. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2000) aunque el Jardín Botánico José Celestino Mutis lleva un tiempo importante en la investigación sobre especies introducidas y nativas, no se puede trasladar de manera simplista el resultado de los ensayos a cualquier parte de la ciudad, por las grandes diferencias entre las distintas zonas de la capital (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2000).

Es necesario realizar un análisis a partir de la comparación del comportamiento urbano de algunas especies, teniendo en cuenta sus características morfológicas y el tipo de suelo donde se encuentran.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Identificar si existen relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas, los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá.

2.2 Específicos

- Identificar las avenidas para cada zona con presencia de árboles que generen afectación sobre la infraestructura vial de Bogotá.
- Caracterizar la especie y la morfología de 200 individuos (50 por zona), determinando: DAP, Altura Área de proyección de la copa, Distancia al bordillo, Tipo de daño y Cantidad de grietas.
- Determinar las relaciones causa efecto entre las características morfológicas de las especies y la zona en que se hacen presentes y los daños a la infraestructura

3. MARCO REFERENCIAL

Bogotá se puede definir como una ciudad arbolada, este proceso de embellecimiento de la ciudad inició en el año de 1948 cuando se celebraba la IX Conferencia Panamericana, y decidió contratarse a un arquitecto japonés, Hochin, quien en vista de que tenía poco tiempo decidió sembrar una especie asiática, el Urapan, *Fraxinus chinensis*. En ocasiones anteriores, la Sociedad de Mejoras y personas de las clases altas habían introducido otras especies que conocieron en sus viajes al exterior y que consideraron conveniente cultivar en el país, así también se sembraron en las avenidas de Bogotá especies como el "Sauce" (*Salix humboldtiana*), originario del Asia, la "Acacia" (*Acacia melanoxylon*), originaria de Australia, el Eucalipto (*Eucalyptus globulus, mobulus, viminalis* y *camaldulensis*) originario de Australia y el Pino (*Pinus pátula, Radia radiata, taeda*) originario de California y Europa. De esta manera se efectuó la implantación de especies foráneas sin tener en cuenta el cambio de las condiciones ambientales en sus regiones de origen, normalmente secas y con suelos arenosos, a las de la Sabana de Bogotá, de un ambiente húmedo y con un suelo provisto de una rica capa vegetal y de estratos arcillosos cercanos a la saturación (Beltrán, 1994).

3.1 Clima y suelo

Cada especie vegetal tiene un clima idóneo bajo el cual alcanza su óptimo de su desarrollo y sus funciones fisiológicas se llevan a cabo correcta y oportunamente. Estos factores del clima que inciden positiva o negativamente sobre la planta son: la luz, la temperatura, la humedad relativa del aire, el régimen de vientos y la pluviometría. Muchas especies se adaptan relativamente bien a cambios aparentemente significativos en algunos de estos factores (López, 1998).

Al desconocer aspectos de la fisiología de las especies a utilizar, las opciones de fracaso de la plantación aumentarán, un aspecto que no se tiene muy en cuenta, es el de los suelos urbanos, en la mayoría de los casos, estos suelos están muy transformados y degradados por la acción del hombre. Son suelos en su mayoría con gran cantidad de materiales transportados, tales como escombros, suelos pobres, suelos con exceso de cal o muy compactados (Acuña y Salazar, 1997).

Se considera que los suelos están compuestos por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. Cuando la presión de poros en la fase líquida es positiva, cualquier fase gaseosa que se presente en el suelo, solo puede existir como aire atrapado en una presión más alta que la atmosférica. En consecuencia este aire tiende a disolverse en el sistema a medida que crece la presión y el suelo aumentará su grado de saturación, llegando a un 100% cuando todos los poros estén llenos de agua (Acuña, 1997).

Para lograr árboles sanos, de buen desarrollo y perfectamente anclados que soporten la acción del viento, es precisamente el suelo lo que más se debe cuidar, ya que allí se desarrolla el sistema radicular. Si el árbol dispone de suelos que le brinden suficiente humedad, nutrimento y espacio, será buena garantía que no afecte sus alrededores.

3.2 Ecofisiología

Es la rama de la ecología que hace referencia a que las características fisiológicas de los organismos son las que determinan sus niveles de tolerancia y sus requerimientos ante condiciones físicas particulares (Valverde et Al, 2005).

3.2.1 La Raíz

Basándose en la Botánica de Georgina López de 1998, se explica la importancia de la Raíz como sistema de absorción de agua y minerales. Es un órgano que le brinda al árbol almacenamiento de reservas de nutrientes y su estabilidad. La raíz es la primera de las partes embrionarias que se forma durante la germinación. El sistema radical, fija la planta al suelo o algún otro sustrato donde realiza la función de absorción de nutrientes y su correspondiente conducción hacia el tallo. Para ellos, muchas veces las ramificaciones se extienden más que las del propio tallo (López, 1998).

El sistema radical está compuesto de ramas mayores perennes y muchas ramificaciones menores:

- Raíz Principal o pivotante: en el mezquite (*Prosopis*) mide 15-20m. de profundidad, crece vertical al tronco, hacia la profundidad.
- Raíces largas, pioneras o madres: de crecimiento rápido al principio, luego engruesan por crecimiento secundario. Sustentan las ramificaciones subsecuentes.
- Raíces horizontales: hasta 30 cm de profundidad. De extensión radical, (a veces se extienden más que la copa).
- Raicillas: Son raíces cortas de 2-4mm. de grosor especializadas en la absorción. Activas en épocas secas o lluviosas.

El sistema radical es normalmente un poco más ancho que la copa del árbol. La mayoría de las raíces absorbentes normalmente se encuentran dentro de la superficie que abarca el sombreado de la copa (Valverde et Al, 2005).

3.2.2 Fisiología de la Raíz

- Absorción: La función principal de las raíces es la absorción de agua y sales minerales disueltas, lo cual se realiza en árboles, principalmente a través de los pelos absorbentes y micorrizas, y en menor proporción a través de las grietas que se forman en la corteza de las raíces suberizadas. Si el proceso de absorción radical no ocurre, el árbol muere por falta de agua y nutrimentos (López, 1998).
- Producción de metabolitos: En la raíz ocurren procesos de síntesis (aminoácidos y fitorreguladores), y fijación de nitrógeno en nódulos bacterianos, lo cual se trasloca a todo el árbol. Las raíces a su vez dependen de las partes aéreas, para el suministro de fotosintatos, ciertos fitorreguladores y otras sustancias que intervienen en el metabolismo (López, 1998).
- Almacenamiento: Fotosintatos sintetizados y otros productos se traslocan para ser almacenados en las células parenquimatosas de las raíces. Los metabolitos principalmente se almacenan en raíces con crecimiento secundario (comparar con López, 1998).
- Estructura del suelo: el ambiente radical permite mantener la estructura del suelo con todos sus componentes en equilibrio, previniendo fenómenos de erosión. (López, 1998).
- Oxigenación: la raíz obtiene de la atmósfera del suelo una porción de oxígeno libre necesario para el metabolismo aeróbico. El oxígeno adicional, captado por estomas, lenticelas y como producto de la fotosíntesis, se trasloca de las partes aéreas hasta las raíces. Espacios intercelulares y

tubos xilemáticos de ventilación. Permiten este movimiento interno de aire en dirección, longitudinal y lateral. Sin embargo, la distancia entre las partes aéreas y las raíces y la ineficacia en la difusión son tales, que el suministro frecuentemente es inadecuado en suelos anegados.

- Anclaje al suelo: las raíces fijan a los arboles al suelo.

Un factor de importancia a considerar es el hecho de que toda planta requiere de cantidades de agua diaria para su supervivencia y desarrollo. Esa cantidad, es función de la especie y dentro de ella, la edad y el tamaño del árbol. Algunas especies alcanzan hasta los 40m. como los cipreses y eucaliptos y consumen hasta 450lt por día, especialmente en sequía y con vientos. Esa cantidad de agua es obtenida del suelo por las raíces, aplicando succiones que normalmente llegan hasta los 1500 KN/m² (1470 Kg/cm²). Si parte de la superficie del suelo correspondiente al área que rodea al árbol se cubre con un material impermeable como asfalto, el árbol modifica sus raíces y extrae del suelo la máxima cantidad de agua posible. En estas condiciones y dependiendo de las necesidades de agua las raíces pueden crecer hasta unos 20mm. diarios logrando longitudes de hasta unos 20m., moviendo las partículas que componen el suelo generando desecación y contracción del mismo (comparar con Acuña, 1997)

3.3 Beneficios y problemas del arbolado urbano

Es bien sabido que los arboles urbanos generan beneficios estéticos que dependen de la coloración, forma y disposición de su tronco, follaje, flores y frutos, despliegan aromas y generan barreras visuales que ejercen una positiva influencia psicológica en los ciudadanos (Wiesner, 2000).

Una buena gestión y planeación del arbolado es fundamental para lograr obtener de los árboles valiosos y múltiples beneficios a nivel local y global.

3.3.1 Beneficios

De acuerdo con Remolina, 2008: los elementos de una red ecológica, (conocida en Colombia como estructura ecológica) son las áreas núcleo, las zonas amortiguadoras y los corredores ecológicos. Las áreas núcleo o centrales son, en general, las zonas de reserva o áreas protegidas, las zonas amortiguadoras son las áreas periféricas, por último los corredores ecológicos son aquellos que unen funcionalmente a las áreas centrales (Remolina, 2008).

Las tres áreas descritas por Remolina, centrales, amortiguadoras y los corredores ecológicos están constituidas básicamente por especies vegetales (árboles, arbustos y plantas) y además por cuerpos de agua. De manera que la única forma posible de fortalecer la estructura ecológica principal de las ciudades es plantando árboles en los parques, avenidas y calles, en los malecones y entorno a los cuerpos de agua.

A continuación se presenta una lista con ítems que describen las consecuencias positivas de los arboles urbanos:

- Mejoramiento de la calidad del aire urbano y reducción de la polución del tránsito automotor y la industria.
- Captura y almacenamiento de dióxido de carbono a largo plazo.
- Reducción del fenómeno de islas de calor.
- Mitigación del calentamiento global.
- Moderación del Ruido.
- Barrera de dispersión aérea de polvo, humo y hollín. Normalmente, las partículas se depositan en la vegetación por medio de tres procesos: sedimentación por gravedad, imputación por acción eólica y acumulación por precipitación.
- Mejoramiento de la fertilidad del suelo y rehabilitación en zonas erosionadas.
- Estabilización de laderas y taludes.
- Recreación
- Garantía de reproducción de aves residentes (las especies que tienen sus áreas de reproducción en la ciudad)
- Conservación de aves migratorias
- Fortalecimiento de la estructura ecológica principal (Molina y Vargas 2012)

3.3.2 Problemas

No existen malos árboles sino árboles mal localizados, como ocurre en Bogotá donde se plantan a lado y lado de las calles, debajo de los conductos de energía eléctrica, sobre las redes de alcantarillado y las tuberías de acueducto, con el cuello de la raíz apretado por el kikuyo y el concreto, (Acuña, 1997). Haciendo de este un medio adverso para el crecimiento adecuado de cualquier especie. Otros errores además de la mala ubicación son:

- Contaminación en el suelo por fugas en el alcantarillado de aguas negras.
- Tierras de baja calidad debido a material de relleno.
- Defectos o excesos en la poda.
- Acción nociva de contaminación de sólidos como partículas de polvo, hollín y grasas que taponan los estomas de las hojas impidiendo el intercambio gaseoso.

Entre los daños u obstrucciones que encontramos con frecuencia en Bogotá se encuentran los siguientes:

- Daño al pavimento, andenes y redes de alcantarillado. (taponamientos)



Figura 2. Afectación a andén, Avenida Carrera 7 No. 69a-22, Bogotá. Fotografía: Javier Fernández.

- Daños a instalaciones aéreas, telefónicas y eléctricas



Figura 3. Afectación líneas eléctricas aéreas, Calle 65 No. 1 A – 26 Fotografía: Javier Fernández.

- Obstrucción de señales de tránsito, anuncios publicitarios.



Figura 4. Afectación señales de tránsito, Carrera 9 No. 69 – 16 Fotografía: Javier Fernández.

- Obstrucción de visibilidad de automovilistas y peatones.



Figura 5. Afectación visibilidad automóviles/ transeúntes, Calle 124, Autopista Norte. Fotografía: Javier Fernández.

3.4 Planeación y urbanismo

La arborización urbana es un elemento de la infraestructura social y constituye uno de los indicadores de los aspectos vitales y socioculturales de la ciudad (comparar Bettini, 1998)

Vemos la arborización como componente fundamental, en los procesos de desmarginalización y en general en la planeación de los espacios públicos. Así como llega la legalización de los barrios, el alcantarillado, el pavimento, los parques, llegan también los árboles a los barrios para aportar al mejoramiento de las condiciones de vida (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2000).

La función que la sociedad espera que cumpla la vegetación dentro de la estructura y dinámica urbana, se relacionan con las expectativas, prevenciones y preconcepciones que los actores sociales determinen la vegetación urbana con el nivel de conocimiento científico y tecnológico existente sobre cada especie.

En Bogotá se desarrolló el Manual Verde, cuya función fue realizar una buena planeación del arbolado urbano, sin embargo hoy día se siguen observando los errores de plantación y la mala selección de especies para el tipo de suelo, lo cual se ve reflejado en los daños que los árboles ocasionan en la ciudad, ya que no se ha analizado el comportamiento de la especie en el medio urbano.

El Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín en el año 2007 (JBM, 2007), con ayuda de la Alcaldía de Medellín publicó el Manual de Silvicultura urbana, donde se mencionan algunos ítems que se deben considerar en la planeación del arbolado urbano, aplicables a nivel regional:

3.4.1 Características de las especies propicias para la arborización urbana

Las características propicias de la vegetación de la ciudad se diagnosticaron según los conocimientos adquiridos durante el pregrado en seminarios tales como: ecología urbana, ecosistemas terrestres y estudios de vegetación junto con una revisión del Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín en el año 2007 que aplican a cualquier ciudad arbolada.

3.4.1.1 Resistencia al ataque de plagas y enfermedades

Es importante cuidar el estado fitosanitario de cada individuo. Los árboles enfermos suelen ser foco de propagación de plagas y enfermedades, generando peligro ya que las ramas muertas o enfermas suelen caer con facilidad y producir daños en su entorno (JBM, 2007).

3.4.1.2 Longevidad

La selección de las especies en cuanto a su longevidad debe estar íntimamente ligada a los fines que se persigan con la siembra. Los árboles longevos son apropiados, ya que evitan el reemplazo periódico de individuos y se previenen situaciones de riesgo como caídas de ejemplares viejos.

3.4.1.3 Contraste y valor decorativo

Estéticamente, hay especies más apropiadas que otras para determinados espacios. Algunos árboles y palmas realzan ciertos tipos de arquitectura, mientras otros resultan inconvenientes.

3.4.1.4 Follaje

Es importante considerar si el árbol es caducifolio ya que puede convertirse en un limitante para el objetivo de la arborización urbana, generando una apariencia del lugar de desorden, debido a la constante pérdida de hojas aunándole los costos por limpieza y taponamientos.

3.4.1.5 Ramificación

Algunas especies se ramifican desde la base, otras mantienen un tronco cilíndrico hasta cierta altura y otras cuentan con grandes ramas que se desprenden enteras por su propio peso, rayos o fuertes vientos.

3.4.1.6 Corteza

Debido a la variedad de cortezas es importante tener este aspecto en cuenta, las cortezas armadas (aquellas que presentan agujones o espinas) y las que exudan fluidos, ya que algunos pueden ser cáusticos resultando peligrosos, por lo tanto la planificación dependerá del uso que tenga el espacio elegido.

3.4.1.7 Flor y fruto

El tamaño, la cantidad y frecuencia de flores y frutos de las especies es algo que debe tenerse en cuenta, ya que la floración y la fructificación de algunas especies, suele ser abundante acarreado perjuicios sobre el libre tránsito de peatones o afectando zonas vehiculares, gastos de limpieza.

3.4.2 Selección de especies

El árbol adecuado, para el sitio adecuado es la base para el éxito de los programas de plantación. La selección de árboles adecuados empieza en la fase de diseño. Se debe tener en cuenta, la tolerancia al clima, humedad, exposición y condiciones del suelo, se suele pensar que las especies nativas es la mejor opción, aunque no siempre es acertada esta idea, ya que se debe tener en cuenta que los suelos no son nativos, al ser transformados, los requerimientos hídricos y de nutrientes de estas plantas se ven afectados ocasionando una serie de transformaciones en sus estructuras radicales haciendo a su vez daños en sus alrededores. Según el Manual de Arborización Urbana para Santa fe de Bogotá es importante tener en cuenta características tales como:

- Clima y suelo.
- Tolerancia a la contaminación atmosférica.
- Tolerancia al pisoteo y manipulación.
- Adaptabilidad a las condiciones del medio.
- Características propias del árbol y belleza (armonía entre obras y árbol).

3.4.3 Características de los espacios propicios para la arborización urbana

En la ciudad la ausencia de planeación en arborización y de planes de manejo integral de la vegetación, tiene como consecuencia la plantación de árboles en lugares inapropiados, la selección inadecuada de especies vegetales y ausencia del mantenimiento (Castillo V, 2007). Para la selección del sitio algunos de los factores que se deben tener en cuenta son:

- Clima y Suelo
- Factores y niveles de contaminación.
- Presencia de tuberías de teléfonos, eléctricas, gas, alcantarillado y acueducto.
- Presencia de líneas aéreas eléctricas.
- El árbol no debe interferir con la fácil observación de las señales de tránsito.
- Cercanía a vías, construcciones y andenes.

Según el espacio público, debe realizarse el diseño y planificación del arbolado urbano, teniendo en cuenta aspectos normativos, físicos y de seguridad, referidos básicamente al ordenamiento espacial, a elementos construidos que determinan la realidad urbana y a mantener la visibilidad y el buen servicio para peatones y vehículos, de este modo reducir a cero los deservicios que puedan generar los árboles (comparar JBM, 2007)

A continuación se definirán los espacios públicos y las condiciones que imponen los sitios más comunes en la ciudad, susceptibles de convertirse en espacios arborizados.

En el sistema hidrográfico

3.4.3.1 Retiro a quebradas

Se refiere a aquellos terrenos ubicados en el área aledaña a las corrientes naturales de agua, que deben mantenerse libres de construcciones y conservarse para los fines previstos en el Código Nacional de los Recursos Naturales (decreto 2811 de 1974). En consecuencia, la vegetación que se siembra en estos sitios debe tener el fin de proteger la corriente, nunca debe utilizarse el retiro para establecer especies con propósitos comerciales.

3.4.3.2 Parques lineales de quebradas

Son franjas de terreno a lo largo de una fuente de agua, utilizadas tanto para establecer especies vegetales, como para el tránsito peatonal o vehicular. En estos espacios se suelen sembrar individuos de diferente porte, que ayuden a proteger las riberas y fuentes de agua, a la vez que mejoren el entorno desde el punto de vista paisajístico (comparar con JBM, 2007).

En el sistema orográfico los espacios son:

3.4.3.3 Cerros tutelares

Bogotá, está rodeada de cerros, Monserrate, Guadalupe, El Cable, entre otros que son fuente de oxígeno y descontaminación de la ciudad, por esta razón la importancia de protegerlos y planificar un buen manejo ambiental desde las especies a plantar allí.

3.4.3.4 Parques borde

Zonas que no están dentro del perímetro urbano pero que protegen fuentes hídricas que surten la ciudad, o zonas forestales, ya sean de reserva o producción. Su funcionalidad es múltiple ya que promueven el mejoramiento ambiental, y proveen a los ciudadanos de esparcimiento y recreación aumentando la calidad de vida (comparar con Remolina, 2008)

3.4.3.5 Zonas inestables

Debe estar acompañada por obras civiles de protección si son requeridas, y por barreras vivas o coberturas vegetales. En zonas muy erosionadas se recomienda promover las barreras contenedoras ya que el dejar sin vegetación estos espacios, lo único que fomentará será el aumento de los procesos erosivos, acrecentando las situaciones de riesgo para comunidades aledañas y en general a los ciudadanos (comparar con JBM, 2007).

3.4.3.6 Zonas de altas pendientes (mayor a 30%)

En el Fondo Editorial del Jardín Botánico de Medellín hace referencia a las zonas que se encuentran muy desprovistas de vegetación es más propensa a la erosión por aguas superficiales o por corrientes de vientos, como se mencionaba anteriormente, el garantizar la existencia de vegetación en estas zonas, contribuye a controlar deslizamientos, y la capacidad erosiva del agua lluvia, reduciendo su velocidad y aumentando la permeabilidad del suelo.

La cobertura vegetal que se recomienda establecer en estas zonas, son especies de porte bajo, con sistema radical superficial, para que de este modo ayude a retener la primera capa de suelo y con un follaje denso que reduzca la velocidad del agua al caer para reducir al máximo los factores erosivos sobre el suelo,

cuando las pendientes son mayores al 30%, debe contar con vegetación permanente, con coberturas naturales, gramas o pastos, además de arborización en barreras vivas plantadas adecuadamente.

En el sistema vial y de transporte

3.4.3.7 Andenes

Los levantamientos, hundimientos, grietas, rompimientos y taponamientos de redes de acueducto, alcantarillado, energía o teléfono son los problemas más frecuentemente ocasionados en estos espacios por las raíces de los árboles, debido a los reducidos espacios, por esta razón es recomendable seleccionar especies de bajo porte o palmas, ya que no presentan raíces agresivas. En lo posible evitar especies caducifolias, que demanden excesivos trabajos de limpieza en calles alcantarillas y árboles con tunas y espinas (comparar con JBM, 2007).

3.4.3.8 Corredores de redes de servicio público

Al observar las avenidas de la ciudad de Bogotá y revisando la bibliografía del manual verde del jardín botánico de Bogotá y del Fondo Editorial del Jardín Botánico de Medellín, se determina que estas áreas se caracterizan por presentar redes aéreas y subterráneas de servicios públicos, en las cuales se debe evitar la siembra de especies de rápido crecimiento y alto porte para disminuir daños y constantes podas, evitar seleccionar especies que el sistema radical sea muy profundo, de tal modo que las raíces, ni las ramas ocasionen daños a las estructuras aledañas. En las áreas que se encuentran cables aéreos, se recomiendan especies que no sobrepasen los 8 metros de altura, ni se deben plantar a menos de 5 metros de la base de los postes. Preferiblemente arbustos.

3.4.3.9 Intercambio vial

Es el cruce de dos o más vías donde algunos flujos vehiculares se separan a diferentes niveles. La selección de especies a sembrar en estos sitios, debe tener en cuenta la altura de puentes, el área disponible y por supuesto su finalidad de siembra, pues se pueden crear barreras acústicas o visuales, entre otros propósitos (comparar con JBM, 2007),

3.4.3.10 Antejardines

Se refiere al área libre de una propiedad privada, comprendida entre el límite de la zona pública y la línea del paramento de la edificación, cuyo uso es restringido para el propietario, se recomienda el uso de vegetación de bajo porte, hay que tener especial cuidado con que el material vegetal sembrado no invada propiedades vecinas (comparar con JBM, 2007),

3.4.3.11 Retiro a vías y a edificaciones

Están constituidos por las diversas fajas verdes ornamentadas o en piso duro arborizado, que forman parte de la sección pública de las vías y edificaciones, cuyas finalidades son básicamente de aislamiento y protección para la circulación peatonal y vehicular. En estas áreas pueden sembrarse árboles y arbustos que no interfieran con las líneas visuales y que estén a distancia adecuada de edificaciones (comparar con JBM, 2007).

3.4.4 Silvicultura urbana

En el Manual de Arborización Urbana para Santa fe de Bogotá de 1998, elaborado por el CONIF (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal) y el DAMA hoy día Secretaria Distrital de Ambiente, definen a la Silvicultura Urbana como el enfoque planificado, integrado y sistemático del ordenamiento de árboles en zonas urbanas y periurbanas, para que puedan hacer un aporte efectivo al bienestar fisiológico, sociológico y económico de la sociedad urbana, la silvicultura urbana es multifacética, trata de zonas boscosas, grupos de árboles y arboles solos en lugares donde viven densos conglomerados de personas, abarca una gran variedad de hábitats (calles, parques y espacios abandonados).

3.4.4.1 Arboricultura

La arboricultura se define como el cultivo y cuidado de árboles y arbustos, ya sea solos o en pequeños grupos, generalmente para fines de ornato y disfrute, antes que para uso o redito (JBM, 2007).

3.4.4.2 Espacio Público

La ley de reforma urbana define al espacio público como el conjunto de inmuebles públicos y los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados, destinados por su naturaleza, por su uso o afectación, a la satisfacción de las necesidades urbanas colectivas que trascienden, por tanto, los límites de los intereses individuales de los habitantes (JBM, 2007).

3.5 Especies

A continuación se presentan las Fichas Técnicas correspondientes de cada una de las especies identificadas en el muestreo del proyecto, la información fue tomada del Manual Verde del Jardín Botánico José Celestino Mutis publicado en 1999 (en funciones, la calificación es la siguiente, B: Bueno, R: Regular y M: Malo) y las imágenes son del muestreo realizado.

Nombre científico	<i>Acacia dealbata</i>	
Nombre común	Acacia amarilla	
Origen	Australia	
Porte	Medio	
Altitud	2000-3000 msnm	
Crecimiento	Rápido	
Resistencia	Heladas, vientos secos	
Raíz	Superficial, ramificada, abundante, largas, con nódulos fijadores de nitrógeno	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	B
	2. Captación de partículas en suspensión	R
	3. Captación de CO ₂	R
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	B
	5. Enriquecimiento del suelo	B
	6. Regulador climático y de temperatura	R
	7. Provisión de nicho y hábitat	R
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	B
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	R
	10. Aporte cultural y simbólico	B
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	M
	14. Recreación	R
Recomendaciones	Afecta andenes y vías, caída de ramas	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: soporta suelos áridos, apta para recuperación de suelos y erosión.	
	Condiciones biológicas: es atacada por una bacteria formando agallas en el tronco, defoliadores y hongos.	

Tabla 1. Ficha técnica *Acacia dealbata*, Tomado del Manual Verde Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1999.



Figura 6. *Acacia dealbata* Fotografía: Javier Fernández.

Nombre científico	<i>Acacia melanoxylon</i>	
Nombre común	Acacia japonesa	
Origen	Australia	
Porte	Alto	
Altitud	2000-2800 msnm	
Crecimiento	Rápido	
Resistencia	Sequías, contaminación	
Raíz	Superficial, ramificada, abundante, largas y delgadas	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	B
	2. Captación de partículas en suspensión	R
	3. Captación de CO ₂	R
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	B
	5. Enriquecimiento del suelo	B
	6. Regulador climático y de temperatura	R
	7. Provisión de nicho y hábitat	R
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	B
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	R
	10. Aporte cultural y simbólico	R
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	R
	14. Recreación	R
Recomendaciones	Puede afectar zonas duras y hay gran riesgo de caída de ramas	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: arcillosos, es una especie fijadora de nitrógeno, resiste suelos pobres.	
	Condiciones biológicas: presenta pudrición en raíz y tronco, hongos.	

Tabla 2. Ficha técnica *Acacia melanoxylon*, Tomado del Manual Verde Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1999.



Figura7. *Acacia melanoxylon* Fotografía: Javier Fernández.

Nombre científico	<i>Prunus serótina</i>	
Nombre común	Cerezo	
Origen	Región andina	
Porte	Medio	
Altitud	2000-2900 msnm	
Crecimiento	Rápido	
Resistencia	Heladas, sequías, contaminación, vientos	
Raíz	Media, principal pivotante, abundante, largas	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	R
	2. Captación de partículas en suspensión	R
	3. Captación de CO2	R
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	R
	5. Enriquecimiento del suelo	R
	6. Regulador climático y de temperatura	R
	7. Provisión de nicho y hábitat	B
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	R
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	B
	10. Aporte cultural y simbólico	B
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	R
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	R
	14. Recreación	B
Recomendaciones	Ninguna	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: suelos profundos, soporta suelos pobres y áridos	
	Condiciones biológicas: ataques de chupadores (<i>Aphis spp.</i>) y araña roja (<i>Tetranychuss sp.</i>) causando entorchamiento de las hojas.	



Tabla 3. Ficha técnica *Prunus serotina*, Tomado del Manual Verde Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1999.

Figura 8. *Prunus serótina* Fotografía: Javier Fernández.

Nombre científico	<i>Eucalyptus globulus</i>	
Nombre común	Eucalipto común, ocal, eucalipto	
Origen	Australia	
Porte	Muy alto	
Altitud	2000- 3000 msnm	
Crecimiento	Rápido	
Resistencia	Sequía, contaminación	
Raíz	Superficiales a profundas, ramificada, largas y gruesas	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	R
	2. Captación de partículas en suspensión	R
	3. Captación de CO ₂	R
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	B
	5. Enriquecimiento del suelo	M
	6. Regulador climático y de temperatura	R
	7. Provisión de nicho y hábitat	R
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	M
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	B
	10. Aporte cultural y simbólico	B
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	R
	14. Recreación	R
Recomendaciones	Afecta andenes y vías.	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: Franco arcillosos, resiste suelos pobres, no es apta para el control de erosión por emisión de una sustancia tóxica para otras especies.	
	Condiciones biológicas: atacado por <i>Agrobacterium tumefaciens</i> produciendo la agalla de corona.	

Tabla 4. Ficha técnica *Eucalyptus globulus*, Tomado del Manual Verde Jardín Botánico Btá. 1999.



Figura 9. *Eucalyptus globulus* Fotografía: Javier Fernández.

Nombre científico	<i>Schinus molle</i>	
Nombre común	Falso pimiento, muelle, pimiento, perulo, acuaribay, bálsamo sanatoado	
Origen	Andes Peruanos	
Porte	Medio	
Altitud	1200-1700 msnm	
Crecimiento	Lento	
Resistencia	Contaminación, vientos, sequías, heladas	
Raíz	Superficial, principal pivotante, abundantes largas	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	R
	2. Captación de partículas en suspensión	R
	3. Captación de CO2	R
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	B
	5. Enriquecimiento del suelo	R
	6. Regulador climático y de temperatura	R
	7. Provisión de nicho y hábitat	R
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	R
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	B
	10. Aporte cultural y simbólico	B
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	R
	14. Recreación	R
Recomendaciones	Ninguna	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: Suelos básicos, franco arenoso	
	Condiciones biológicas: Atacado por Aphidos (<i>Aphis spp.</i>) y cochinillas (<i>Ceroplastes cundinamarques</i> , <i>Pesudococcus sp.</i>)	

Tabla 5. Ficha técnica *Schinus molle*, Tomado del Manual Verde Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1999.



Figura 10. *Schinus molle* Fotografía: Javier Fernández.

Nombre científico	<i>Liquidambar styraciflua</i>	
Nombre común	Liquidambar, Estoraque Ocozotl, Swett Gum	
Origen	Texas (USA)	
Porte	Medio	
Altitud	2000-2700 msnm	
Crecimiento	Rápido	
Resistencia	Heladas, vientos	
Raíz	Media, poco ramificadas y abundantes	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	R
	2. Captación de partículas en suspensión	R
	3. Captación de CO2	R
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	R
	5. Enriquecimiento del suelo	R
	6. Regulador climático y de temperatura	R
	7. Provisión de nicho y hábitat	B
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	R
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	R
	10. Aporte cultural y simbólico	R
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	R
	14. Recreación	R
Recomendaciones	No plantar cerca de zonas duras, construcciones y edificios.	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: Franco limoso, requiere alta humedad.	

Tabla 6. Ficha técnica *Liquidambar styraciflua* Tomado del Manual Verde Jardín Botánico



Figura 11. *Liquidambar styraciflua* Fotografía: Javier Fernández

Nombre científico	<i>Sambucus nigricans</i>	
Nombre común	Sauco	
Origen	Cordillera de los Andes	
Porte	Medio	
Altitud	2000-3000 msnm	
Crecimiento	Rápido	
Resistencia	Heladas , contaminación	
Raíz	Superficiales, ramificadas, abundantes cortas y delgadas	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	B
	2. Captación de partículas en suspensión	B
	3. Captación de CO2	R
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	R
	5. Enriquecimiento del suelo	R
	6. Regulador climático y de temperatura	R
	7. Provisión de nicho y hábitat	R
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	R
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	B
	10. Aporte cultural y simbólico	R
	11. Aporte al bienestar psicológico	R
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	R
	14. Recreación	R
Recomendaciones	Ninguna	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: Acidos limosos	
	Condiciones biológicas: Afectado por insectos.	

Tabla 7. Ficha técnica *Sambucus nigricans* Tomado del Manual Verde Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1999.



Figura 12. *Sambucus nigricans* Fotografía: Javier Fernández.

Nombre científico	<i>Fraxinus chinensis</i>	
Nombre común	Urapán, Fresno	
Origen	China	
Porte	Alto	
Altitud	1200-3000 msnm	
Crecimiento	Rápido	
Resistencia	Contaminación	
Raíz	Superficiales y profundas, pivotante, abundantes, largas y gruesas	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	R
	2. Captación de partículas en suspensión	B
	3. Captación de CO2	B
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	R
	5. Enriquecimiento del suelo	R
	6. Regulador climático y de temperatura	B
	7. Provisión de nicho y hábitat	R
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	B
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	B
	10. Aporte cultural y simbólico	B
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	R
	14. Recreación	M
Recomendaciones	Afecta andenes y vías	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: Franco arcilloso, resiste suelos pobres	
	Condiciones biológicas: Atacado por el <i>Tropidopstetes chapingensis</i> (chinche chupador)	

Tabla 8. Ficha técnica *Fraxinus chinensis* Tomado del Manual Verde Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1999.



Figura 13. *Fraxinus chinensis* Fotografía: Javier Fernández.

Nombre científico	<i>Ficus tequendamae</i>	
Nombre común	Caucho Tequendama, lechero, Lechero colorado	
Origen	Región del Tequendama, Cundinamarca, Colombia	
Porte	Alto	
Altitud	2200-2800 msnm	
Crecimiento	Medio	
Resistencia	Heladas, contaminación, vientos	
Raíz	Superficial, abundante muy ramificada, Largas y delgadas	
Funciones	1. Barrera física y visual, contra ruido, vientos, vectores	B
	2. Captación de partículas en suspensión	B
	3. Captación de CO ₂	B
	4. Control de erosión y estabilidad de taludes	R
	5. Enriquecimiento del suelo	B
	6. Regulador climático y de temperatura	B
	7. Provisión de nicho y hábitat	B
	8. Protección de cuencas y cuerpos de agua	B
	9. Productividad (Maderable, leña, medicinal alimentos)	R
	10. Aporte cultural y simbólico	B
	11. Aporte al bienestar psicológico	B
	12. Aporte estético	B
	13. Valorización de la propiedad del espacio público	B
	14. Recreación	B
Recomendaciones	Afectación a zonas duras y construcciones por las raíces	
Comportamiento en el medio urbano	Condiciones edáficas: Franco arenoso, franco arcilloso.	
	Condiciones biológicas: Es posible que sea atacado por cochinilla harinosa y	

Tabla 9. Ficha técnica *Ficus tequendamae* Tomado del Manual Verde Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1999.



Figura 14. *Ficus tequendamae* Fotografía: Javier Fernández.

3.6 Diagrama de componentes y relaciones

En el siguiente diagrama se relacionan los conceptos requeridos para lograr establecer un adecuado plan de manejo del arbolado urbano.

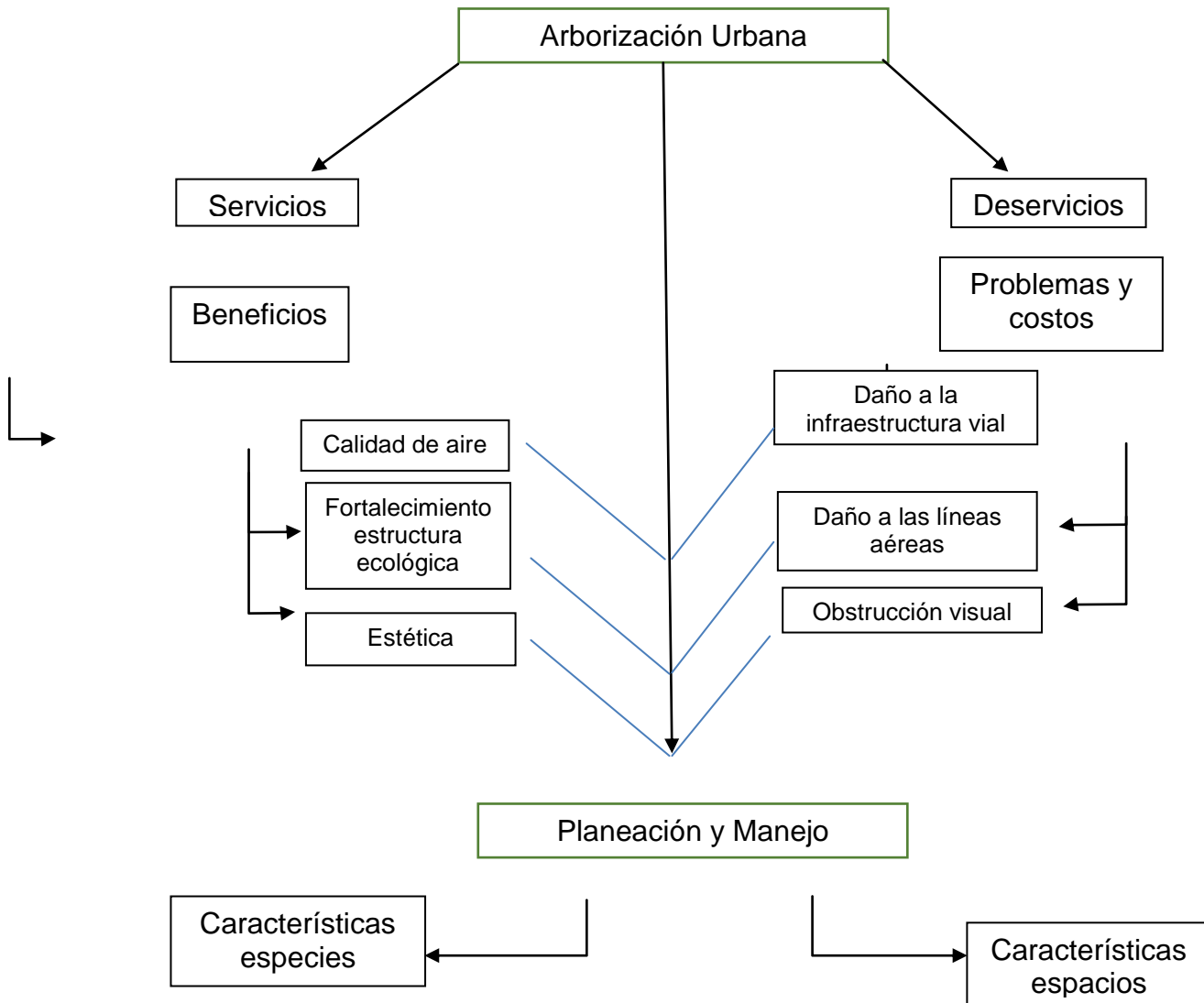


Figura 15. Diagrama Componentes y relaciones. Autor: María Angélica Fernández, 2013)

3.7 Antecedentes

Estudios anteriores, sobre el efecto de la succión que producen los árboles en la estructuras de pavimento de la ciudad de Bogotá, han demostrado la influencia que este efecto tiene, sobre el comportamiento de los pavimentos existentes,

debido a los cambios de humedad, presentándose en los suelos incrementos en la rigidez del suelo y deformaciones plásticas irrecuperables en los suelos expansivos (Roso, 2005)

Desde 1990 mediante el acuerdo 9 del 8 de Junio, de este año se crea el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA), con la función de elaborar un plan de gestión ambiental, y coordinar la ejecución de sus proyectos, definiéndolo como una entidad de gestión con carácter, científico-técnico, en 1991 se conforma el equipo técnico del DAMA y se estructura el plan de gestión ambiental, haciendo el reconocimiento e identificación de las diversas entidades responsables de ejecutar las secciones y proyectos; además se realiza el análisis de la problemática ambiental de Santa fe de Bogotá. El 8 de Abril de 1992 la junta de planeación distrital aprueba el plan de gestión ambiental de Santa fe de Bogotá, donde se incluye, dentro del capítulo del espacio público, la consolidación del sistema de zonas verdes de la ciudad, la elaboración de un plan de manejo de la cobertura vegetal, la creación de una red de viveros distritales, el fomento de la participación ciudadana y de la empresa privada en la protección y recuperación de las zonas verdes y su consecuente arborización, como uno de los proyectos prioritarios para la ciudad (González et Al., 2006).

Dentro de los proyectos que el DAMA desarrolló, se encuentran 4 bastante relacionados con la historia de los árboles de la ciudad.

1. Bogotá verde 1992: su objetivo principal, la siembra de más de 180000 árboles por año
2. Revegetalización y arborización del área de manejo especial de Ciudad Bolívar 1993: 130 Hectáreas de terreno declaradas por la CAR como área de manejo especial, como un pulmón para el sector y la ciudad.
3. Protección de los cerros 1993: Busca aunar esfuerzos del distrito y la empresa privada para la conservación y protección de los cerros de la ciudad.
4. Protección y conservación de los pantanos 1994: Acciones e investigaciones en los humedales de la ciudad para mejorar los aspectos físico-bióticos y socioeconómicos, a corto plazo de estos ecosistemas.

Los Ingenieros John Fabio Acuña y Jaime Salazar en 1996, realizan un gran aporte al tema, mediante el proyecto de investigación titulado: *Evaluación de Daños Causados por Especies Forestales plantadas en Santa Fe de Bogotá*, el cual sintetizan en el libro *Pulmones para Santa Fé de Bogotá*, donde hacen una explicación de los daños causados por los árboles, los sitios de siembra y recomiendan algunas especies para la siembra.

La Alcaldía Mayor de Bogotá D.C en el año 2000, realiza un foro de Arborización Urbana, en el cual hace referencia a la arborización en el mundo, y presenta el

Programa “Bogotá se Viste de Verde” que junto con el Jardín Botánico José Celestino Mutis se realizaron proyectos de inventario y estado fitosanitario de los arboles actuales.

Acuña En su publicación *Evaluación de daños producidos por árboles ornamentales en pavimentos de la zona norte de Bogotá*, realiza un acercamiento al inicio de la arborización en la ciudad de Bogotá, nombra las especies utilizadas y los motivos por los cuales se plantaron, posteriormente menciona los requerimientos hídricos de un árbol, explicando de este modo que al cubrir el terreno con una capa asfáltica o pavimentada se impide la evaporación y como consecuencia se produce un aumento en la humedad del suelo respecto de las áreas no cubiertas. Por esta razón los árboles dirigen sus raíces hacia las primeras buscando la mayor humedad causando la desecación y la contracción del suelo, esta idea en 1994 el Ingeniero Beltrán L., la desarrolla mediante una serie de relaciones del balance hídrico y la succión del árbol, finalmente concluye el artículo haciendo un balance del costo de la reparación según el nivel de afectación de la malla vial.

En el artículo *Influencia de la Arborización en Estructuras de Santa Fe de Bogotá* de 1999 de la revista Ingeniería e Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, se explica que antes de plantar un árbol debe recordar que una especie mal ubicada no obtiene un óptimo desarrollo y que Bogotá es una ciudad de gran extensión con variaciones de clima y suelo. El autor hace referencia a la relación del tipo de suelo y la influencia sobre la estructura sin embargo también resalta la característica común de estos suelos es que poseen profundidades muy pobres debido a la presencia de materiales de construcción cercanos a los 0,30 m de profundidad, afectando de esta manera el desarrollo de algunos tipos de raíces.

De igual forma, teniendo en cuenta que Bogotá se encuentra dentro de la sabana del mismo nombre, se podría afirmar que para la capital se presentan dos grandes zonas mesoclimáticas definidas: la primera es seca y abarca el suroccidente de la ciudad, y la segunda es húmeda y de transición, que incluye el resto de la capital, aumentando el nivel de precipitación hacia el nororiente de la misma.

Los deservicios son los costos asociados a los árboles por daños de estos, estudios en Estados Unidos muestran que los costos de mantenimiento de las áreas verdes urbanas públicas suman aproximadamente entre 8 y 16 dólares por habitante, de los cuales el 61% se gasta en calles y 26% en parques, mientras que el gasto por actividad es: podas 30%, plantación y remoción 14%, tocones 28% (Nilsson et al., 1998; Robin, 1998).

En el pasado, la arborización de la capital se estableció, en la mayoría de los casos de manera espontánea, es decir con poca o ninguna planificación. Esto se debió a la falta de una política general que estableciera las pautas o los criterios para la identificación, diseño y establecimiento de las zonas verdes y, los que es muy importante, su mantenimiento (Bermúdez y Rubiano, 2000).

El desconocimiento de las características físicas de la capital tales como los tipos de suelo dió como resultado el establecimiento de especies inconvenientes en sitios inadecuados, ocasionando la muerte o escaso desarrollo de la vegetación o la afectación de la infraestructura urbana, especialmente por parte del sistema radical.

El cómo lograr una adecuada arborización para la ciudad, fue lo que originó el manual verde publicado en 1999 o estudio preliminar para la selección de especies y sobre los condicionantes ambientales, con el fin de lograr una mayor adaptación de estas especies al medio urbano.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Ciudad de Bogotá

La ciudad de Bogotá (ver Figura 16) se encuentra ubicada en la cordillera oriental, tiene una extensión aproximada de 33 kilómetros de sur y norte y 16 kilómetros de oriente a occidente.



Figura 16. Mapa Bogotá, Tomado de: <http://www.bogotaturismo.gov.co/datos-de-bogota>

Zonas de muestreo

4.1.1 Contexto geográfico

La Sabana de Bogotá está bordeada por una cadena montañosa que forma parte de la Cordillera Oriental cuyos puntos más sobresalientes son el Cerro de Manjuí al oeste, los cerros de Guadalupe y Monserrate al este, el Páramo de Sumapaz al sureste. Está conformada por las provincias cundinamarquesas de Sabana Centro y Sabana de Occidente, además de la zona norte del Distrito Capital de Bogotá, incluyendo la mayor parte de la ciudad y algunas veredas circundantes en las localidades de Suba, Engativá, Fontibón y Kennedy. Limita al norte con las provincias del Valle de Ubaté y Rionegro, al occidente con las provincias de Gualivá y Tequendama, al sur con las provincia del Sumapaz y el páramo de Sumapaz y al oriente con las provincias de Oriente, Guavio y Almeidas (Tomado online de Alcaldia de Bogotá, 2013)

4.1.2 Contexto biofísico

Tiene una temperatura promedio de 13.5 °C, que puede oscilar entre los -5 °C y los 26 °C. Las temporadas secas y lluviosas se alternan durante todo el año; los meses más secos son diciembre, enero, febrero y marzo; durante los meses más lluviosos, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre la temperatura es más estable, con oscilaciones entre los 6-8 °C y los 18-20 °C. Junio, julio y agosto son los meses de fuertes vientos y mayor oscilación de la temperatura; durante el alba se suelen presentar temperaturas de hasta 10 °C. Es la zona habitada del país con las temperaturas más bajas. Estas condiciones son muy variables debido a los fenómenos de El Niño y La Niña, que se dan en la cuenca del Océano Pacífico y producen cambios climáticos muy fuertes (IDEAM, 2013).

4.1.3 Contexto social

Según cifras del DANE, en el año 2010 Bogotá contaba con una población de 7'363.782 habitantes, con proyección en el 2013 de 7'674.366 habitantes, que alcanzan en su área metropolitana los 9'023.644 habitantes. Posee una densidad poblacional de aprox. 4.321 habitantes por kilómetro cuadrado. Solo 15.987 habitantes se ubican en la zona rural del Distrito Capital. El 47,8 % de la población son hombres y el 52,2 % mujeres. La ciudad cuenta con la tasa de analfabetismo más baja del país con tan sólo 3,4 % en la población mayor de 5 años de edad (DANE, 2010).

4.2 Mapa de suelos

La investigación en cuanto a los tipos de suelos se realizó basándose en el trabajo de mapificación y estudio catastral para el reacondicionamiento de zonas verdes recreacionales y espacios abiertos en zonas urbanas de Bogotá, donde se

tomaron muestras de suelo y se analizaron la textura, consistencia, color, presencia de raíces, reacción al ácido clorhídrico y datos de pH, agrupando distintos perfiles con características similares, utilizado en el artículo de Acuña (1996) *Evaluación de daños causados por especies forestales plantadas en Santa Fe de Bogotá*, en los cuales se describen los siguientes tipos de suelo en las siguientes zonas:

- Zona 1: Compuesta en su mayoría por suelos del tipo arcillo limoso, de color pardo grisáceo muy oscuro, con una consistencia friable, pegajosa y plástica. Comprende el sur y suroccidente de la capital, limitando con la Calle 13 y la Avenida Boyacá.
- Zona 2: Contiene un elevado porcentaje de suelos de tipo arcilloso, de color grisáceo con manchas pardo amarillentas con una consistencia firme, pegajosa y plástica. Abarca la zona centro de la ciudad y el occidente de la Avenida Boyacá entre las calles 13 y 80.
- Zona 3: Caracterizada por suelos de tipo franco arcillo arenoso, de color gris oscuro y consistencia firme y plástica con presencia abundante de poros. Está ubicada al norte de la autopista Medellín y el suroriente de la ciudad.
- Zona 4: Presenta suelos de tipo franco arcillo limoso de color gris muy oscuro en húmedo y de consistencia firme, pegajosa y plástica Comprende el sector oriental de la capital, desde la avenida (Acuña, 1994).

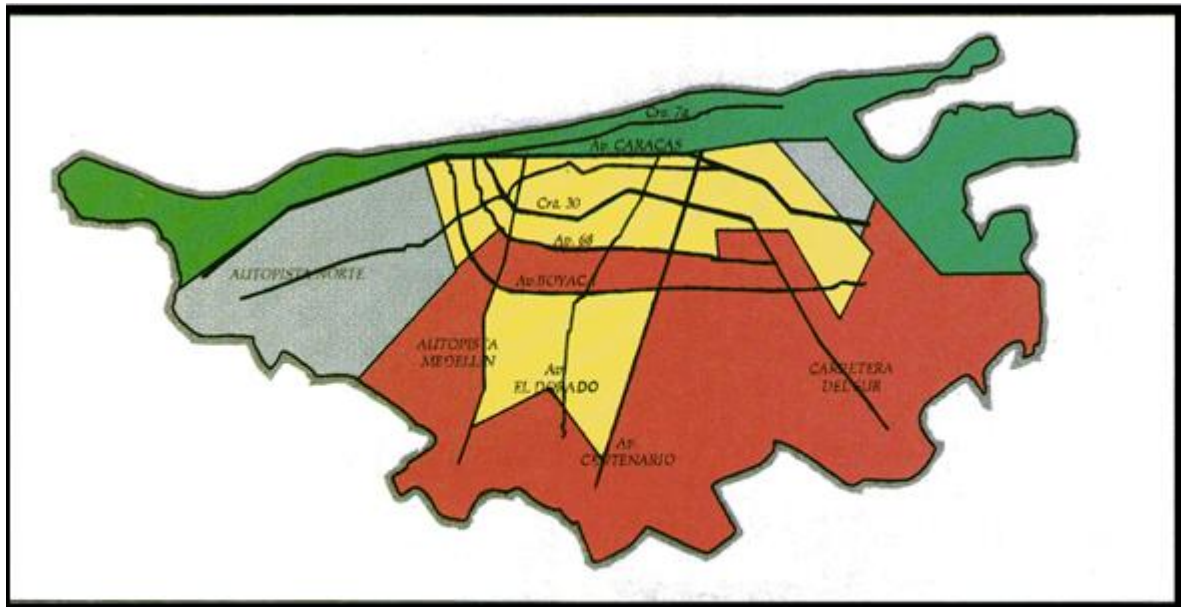


Figura 17. Mapa tipos de suelo de Bogotá (Tomado de Acuña, 1999).



5. Materiales y métodos

Para esta investigación se llevaron a cabo 3 fases de estudio: fase preliminar, fase de trabajo de campo y fase de análisis.

Procedimiento metodológico

Fase 1: Preliminar

Adquisición de la bibliografía durante finales del mes de Julio y durante el mes de Agosto de 2013, los temas a buscar trataban sobre área de estudio, árboles y ciudad, árboles de Bogotá. Luego se hace la respectiva recolección de mapas de suelo y zonificación geotécnica de Bogotá para lograr la Identificación de las 4 zonas a evaluar, teniendo en cuenta que presenten arborización, efectos sobre el pavimento y tipos de suelo. En esta fase se elaboró el diseño de formatos para trabajo de campo

Fase 2: Trabajo de Campo

El trabajo de campo inició en el mes de Septiembre de 2013 durante 6 semanas se tomaron avenidas afectadas en su infraestructura vial a causa de los árboles, por cada zona un total de 50 individuos, número escogido al azar donde se pudieran realizar comparaciones, logrando de esta manera evaluar un total de 200 individuos. De modo aleatorio según la zona, se hicieron recorridos para identificar las avenidas arboladas con presencia de afectaciones, se tuvo en cuenta que

presentaran las dos características anteriores y de este modo se realizaron las mediciones en los puntos que se mencionan más adelante.

Para la Caracterización de especie y morfología de los 200 individuos (50 por zona), se utilizó una tabla que recopilaba el nombre de la especie y nombre común, los cuales se determinaron con el Manual Verde del Jardín Botánico José Celestino Mutis, la Altura se determinó mediante el uso de un clinómetro, el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) con el uso de una cinta métrica al igual que la distancia al bordillo, el DPC (Diámetro de Proyección de la Copa) se halló con un decámetro y teniendo la medida de los dos diámetros, se obtuvo el APC (área de proyección de la copa), que se estimó como la proyección horizontal de la copa del árbol en el suelo y se obtuvo mediante el uso de la siguiente fórmula (Rodríguez, R et al, 2008):

$$APCS = \frac{\pi}{4} * DPC^2$$

Mediante la observación directa, se determinó el entorno: Pasto o Concreto y la cantidad de grietas. Se determinó el nivel de afectación sobre la infraestructura vial mediante la Tabla 1.

Fase 3: Análisis

En el mes de Octubre y Noviembre, mediante el uso del programa Excel, se almacenó la información para su posterior análisis, el cual facilitó el manejo de las características y variables dasonómicas de cada uno de los árboles. De este modo de obtuvieron gráficas de especies, zonas y niveles de daños según sus características morfológicas. Con el programa Statgraphics x64 para establecer relaciones entre las características morfológicas versus cantidad de grietas y nivel de afectación mediante el uso de un ANOVA (ANalysis Of VAriance), el análisis de varianza se aplicó para determinar si las variables independientes, (especie, zona, DAP, altura y área de proyección de la copa), afectan el comportamiento de las variables dependientes que en este caso fueron cantidad de grietas y nivel de afectación.

En el análisis de varianza se podrán observar los grados de libertad pueden descomponerse al igual que la suma de cuadrados. Así, $GL_{total} = GL_{entre} + GL_{dentro}$. Los GL_{entre} se calculan como: $a - 1$, donde a es el número de tratamientos o niveles del factor. Los GL_{dentro} se calculan como $N - a$, donde N es el número total de observaciones o valores de la variable medida (la variable respuesta). El ANOVA finalmente arrojará el **valor p** el cual es comúnmente identificado como *la p, valor p, o p-value*, este valor está definido como la probabilidad de obtener un resultado al menos tan extremo como el que realmente se ha obtenido y nos indica el nivel de confianza con el que se acepta o rechaza una hipótesis (Delgado R, 2008), en este caso señala si las variables: Especie, Zona, Entorno, DAP, Altura, Área de Proyección de la copa y Distancia al bordillo afectan la infraestructura vial, ya sea en cuanto al nivel de afectación o a la cantidad de grietas.

Con ayuda de las fotografías, se realizó un análisis visual de los daños, con la finalidad de realizar propuestas de mantenimiento y mejoramiento del arbolado, el cual logre resaltar la belleza estética de la capital Colombiana.

5.1 Diagrama de Flujo

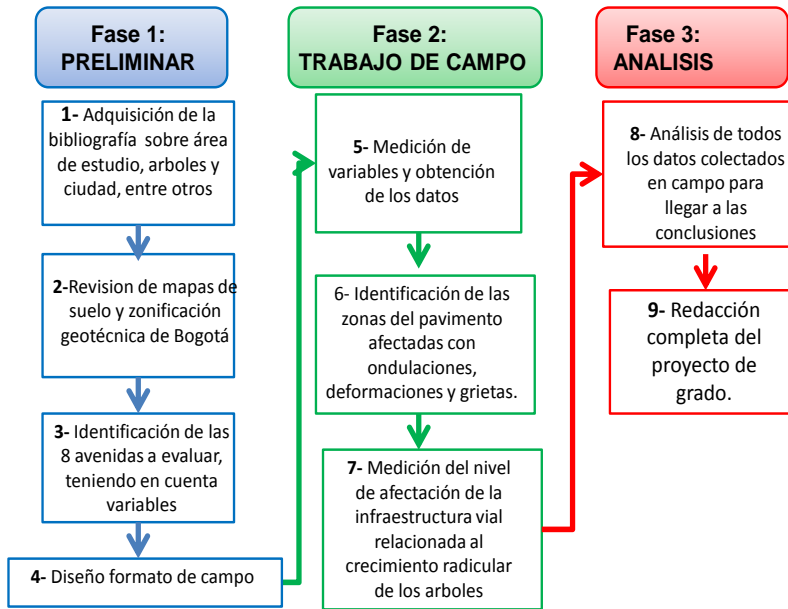


Figura 18. Fases del proyecto de investigación. Autor: María Angélica Fernández, 2013.

Los formatos de las tablas que se utilizaron para realizar el muestreo:

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno: Pasto/Cemento

Tabla 10. Formato para toma de datos en campo. Autor: María Angélica Fernández, 2013.

*Tipo de daño	Daño	Referencia
No presenta daños	1	Sin afectación
Presenta grietas con anchos menores a 2 cm y hasta 50 cm de long.	2	Afectación baja
Presenta grietas entre 2 cm y 5 cm long. Mayores a 50cm causando hundimientos y/o levantamientos	3	Afectación media
Rompimientos de las losas de concreto, agrietamientos, fisuras en estructuras circundantes.	4	Afectación alta

Tabla 11. Niveles de daños según efectos sobre la infraestructura vial (Tomado de Acuña, 1996, modificaciones, María Angélica Fernández, 2013).

6. Resultados

6.1 Identificación de las avenidas para cada zona con presencia de árboles que generen afectación sobre la infraestructura vial de Bogotá.

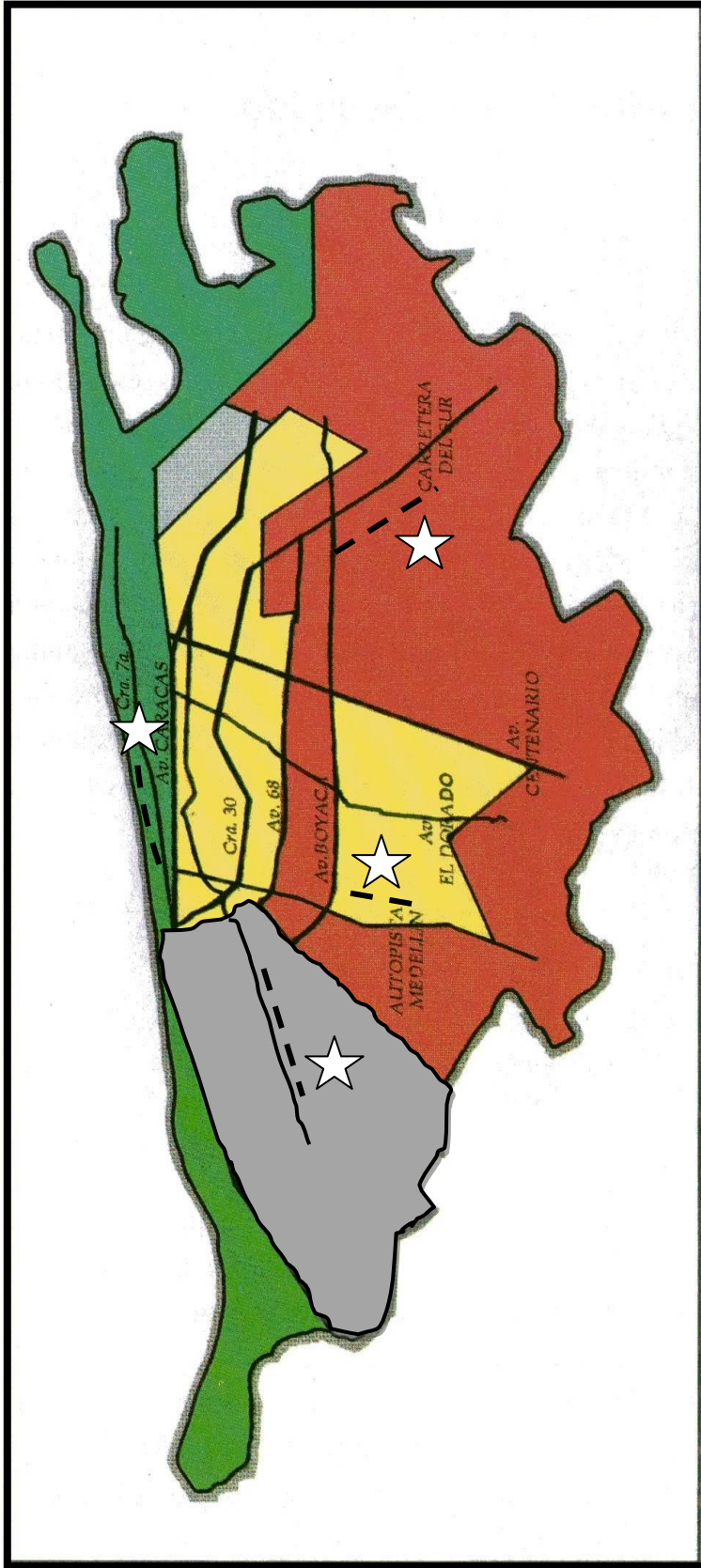


Figura 19. Mapa tipos de suelo y zonas muestreadas.



Zonas de muestreo de individuos e identificación de niveles de afectación en la infraestructura vial.

Zona 1: Figura 19, el tipo de suelo es franco arcilloso limoso. de Sur a Norte, se encuentran arboladas la Autopista Sur, Avenida 1° de Mayo, Avenida de las Américas y Calle 13.; de Occidente a Oriente; las Avenidas: Boyacá, Avenida 68 y Carrera 30. Los individuos muestreados en esta zona pertenecen a la Av. 1° de Mayo en el sector comprendido entre la Transversal 78H y la Av. Ciudad de Cali y la Av. Boyacá en el sector de la calle # 1-22 hacia el Sur.

En la Av. 1° de Mayo los individuos de la muestra están plantados sobre los dos andenes que en ese sector tienen de bordillo a paramento entre 4 y 6 m. Es una vía de doble calzada, con tres carriles de circulación vehicular cada una. Las dos calzadas están a los lados de un amplio separador central de aproximadamente 10 m. de ancho, empedrado y plantado con árboles de especie diferente a la de los andenes. Se encontró que la distancia entre los individuos muestreados no es uniforme pero promediando, 15 m. es el espacio entre árboles. Las actividades del sector son fundamentalmente comerciales y también presenta tendencia residencial. En general en el sector establecido para la muestra como en los espacios cercanos se observó un grado de afectación importante sobre andenes y en ocasiones los residentes informaron sobre daños en el interior de sus casas.

Sobre la Av. Boyacá se tomaron datos de individuos plantados en andén y en separador. Esta es una amplia avenida en casi todo su trazado que consta de cuatro calzadas con dos carriles de circulación vehicular cada una y tres separadores, el central con una anchura de 11.5 m y los laterales de 4 m. Los tres separadores están empedrados y tienen plantados árboles aunque más poblado el central. La irregularidad es la constante para la distancia entre árboles en andenes y separadores laterales, no obstante, el separador central presenta más uniformidad en este aspecto con 15 m. en promedio. El sector seleccionado para el muestreo tiene vocación prioritariamente residencial con uno que otro comercio. Es un sector que visualmente evidencia afectación media al igual que las zonas aledañas.

Zona 2:

El Área que recorren las avenidas Calle 13, Calle 26, Calle 68, Calle 80 y los tramos de la Avenida Boyacá, Avenida 68 y Carrera 30 comprendidos entre las primeras, el tipo de suelo presente es arcilloso, en esta se seleccionaron arboles ubicados en la calle 80 desde el sector donde se ubica el puente de guadua al extremo occidental de la ciudad hasta la carrera 80 A hacia el oriente.

Se caracteriza el sector del muestreo por la amplitud de la vía que desde su inicio al occidente hasta la Transversal 96 donde se encuentra el portal de la 80 del sistema de transporte masivo Transmilenio. Cuenta con cuatro calzadas, de tres carriles vehiculares, las laterales y dos carriles vehiculares las centrales. Estas últimas se convierten desde allí, en la vía del sistema de transporte masivo. Los andenes tienen en general 6 m. de ancho. Hay dos separadores laterales con anchura de 3 m. y uno central de 5 m. Estos separadores están recubiertos con

placas de concreto, los laterales y el central presenta una jardinera angosta y a mayor nivel que el recubrimiento de concreto peatonal. La distancia predominante entre individuos es de 15 m. Las construcciones en el sector albergan comercios muy diversos y existen muy diversas formas de unidades residenciales.

Zona 3:

El tipo de suelo presente es franco arcilloso arenoso, se identificaron La Avenida Suba, la Autopista Norte y el sector comprendido entre la Calle 100 y la Calle 170. En esta Zona se seleccionaron individuos por la Autopista Norte desde la calle 116 hacia el norte y por la Calle 127 desde la Autopista Norte hacia el occidente.

La autopista Norte que es la prolongación de la Av. Caracas es la más larga vía de la Ciudad y alberga también al sistema de transporte masivo Transmilenio. El sector definido para esta investigación, es una vía que cuenta con una anchura de 95 m. en promedio de paramento a paramento, que contiene además de los andenes de entre 4.5 m y 6 m., cuatro calzadas, de las cuales las dos centrales tienen tres carriles vehiculares, además de albergar un cuarto carril para el sistema masivo de transporte. Las calzadas laterales cuentan con dos carriles vehiculares cada una. Hay tres amplios separadores el central hoy día más angosto que los laterales por haber cedido espacio para los carriles del Transmilenio. Sin embargo aún cuenta con anchura de 9.5 m. y allí cada cuatrocientos a quinientos metros están ubicadas las estaciones del sistema masivo de transporte. Los separadores laterales en sus puntos de mayor anchura tienen cerca de 14 m. Su ancho varía por los frecuentes ingresos y salidas de carriles desde y hacia los laterales. Son separadores empedrados y bien arborizados. No se percibe un patrón definido para la distancia entre individuos pero la abundante población y variedad de especies ofrecen un agradable paisaje que es un beneficio del arbolado en el lugar. Las actividades allí desarrolladas como en la mayoría de vías principales son diversas y hay aún buena presencia residencial.

El sector de la calle 127 presenta una vía de dos calzadas con tres carriles vehiculares cada una y un amplio separador central que alberga en su centro esta el Rio Callejas descubierto hasta la carrera 55 y cubierto desde allí hacia el occidente. Este separador de 35 m. de anchura esta empedrado y arborizado. Es muy variable la distancia entre individuos en algunos sitios 25 m. y existen tramos donde en 100 metros no hay un solo individuo. En este lugar predomina las construcciones de vivienda multifamiliar y hay algunas sedes empresariales particularmente concesionarios de vehículos.

Zona 4:

En la zona oriental de la ciudad, se caracteriza por suelo arcillo limoso, y están presentes, la Avenida Caracas hasta los héroes, la totalidad de la Carrera Séptima y la Avenida Circunvalar, en ésta se muestrearon individuos desde la Carrera 1^a a la Carrera 7^a desde la calle 34 hasta la calle 70.

A diferencia de las zonas anteriores cuyos individuos se ubican en espacios viales bien definidos, aquí la ubicación es muy diferente debido a que el sector es antiguo y definitivamente residencial; compuesto por pequeños barrios con diversas características arquitectónicas en donde hoy día se mezclan los estilos, materiales y formas, sin un plan y manejo adecuados de arborización. Los andenes en general no superan los 3.5 m. algunos tienen prados y otros están recubiertos en concreto o con baldosas de concreto o arcilla. Muchas de las vías de esta zona no tienen arboles sino más bien pequeñas plantas ornamentales de bajo porte. Por estos motivos la muestra es repartida geográficamente (Figura 19).

6.2 Caracterización zona, especie, nombre común, morfología y daños

De los 202 árboles muestreados en las cuatro zonas seleccionadas el 47% presenta un nivel 4 de afectación sobre la infraestructura vial, siendo este el nivel que presenta rompimientos de las losas de concreto, agrietamientos y fisuras en estructuras circundantes, el 38% presenta un nivel medio de afectación este se caracteriza por presentar grietas entre 2 cm y 5 cm de ancho y mayores a 50cm causando hundimientos y/o levantamientos, esto indica que el 85% del muestreo presenta afectaciones severas y notables sobre la infraestructura vial.

A continuación se presentan las tablas de las 4 zonas, con los datos obtenidos de cada una de sus respectivas variables.

Zona 1

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno Pasto/Cemento
1	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	110	14	65,03	170	1	13	P
2	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	87,5	16	95,02	480	3	12	P
3	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	152	20	115,73	100	3	11	P
4	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	77	9	46,56	480	3	10	P
5	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	68	18	32,67	480	3	14	P
6	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	62	15	23,75	480	3	11	P
7	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia Negra	162	13,5	65,74	100	3	5	P
8	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	210	18	189,88	480	2	0	P
9	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	153	12	60,12	30	2	1	P
10	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	293	27	222,95	45	2	4	P
11	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	200	25	165,10	100	3	4	P
12	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	196	24	110,27	430	2	2	P
13	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	180	17	63,61	90	3	6	P
14	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	168	16	70,87	80	3	10	P
15	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	177	17	99,38	60	3	11	P
16	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	50	6	10,18	40	2	5	C
17	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	69	10	15,90	30	3	5	C
18	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	57	8	19,63	30	2	4	C
19	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	106	10	33,18	25	3	6	C
20	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	70	10	12,56	30	2	4	C
21	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	94	11	23,75	20	3	0	C
22	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	52	6	10,46	40	2	3	C
23	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	70	7,5	23,75	30	3	4	C
24	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	51	6,5	8,29	40	2	2	C
25	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	58	9	8,29	20	2	4	C
26	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	107	10	33,18	25	2	6	C
27	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	84	10	25,96	30	2	6	C
28	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	100	8,5	69,38	28	2	3	C
29	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	95	8	57,20	28	2	2	C
30	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	69	8	30,19	30	0	0	C
31	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	94	9,5	50,89	30	3	0	C
32	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	88	10	54,75	32	2	0	C
33	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	160	10	64,67	30	3	3	C
34	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	88	8,7	41,67	25	1	2	C
35	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	100	11	70,87	25	2	0	C
36	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	90	11	50,13	25	2	0	C
37	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	77	9	42,71	33	2	0	C
38	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	44	7	8,29	40	2	3	C
39	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	78	9	41,27	30	2	6	C
40	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	93	9	28,27	30	1	3	C
41	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	33	4,7	9,08	38	1	4	C
42	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	42	9	19,24	30	2	5	C
43	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	64	10	33,69	25	2	4	C
44	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	50	5,5	15,90	36	1	1	C
45	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	64	9	38,48	25	1	3	C
46	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	40	4	9,90	38	1	2	C
47	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	165	7	90,75	36	3	4	C
48	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	82	5	31,66	40	2	4	C
49	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	92	6	66,46	43	3	7	C
50	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	190	9	102,05	24	3	10	C

Tabla 12. Datos colectados, Zona 1.

Zona 2

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno: Pasto/Cemento
1	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	92	10	63,62	45	3	3	C
2	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	158	10	80,12	40	2	3	C
3	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	79	9	15,90	45	3	4	C
4	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	90	9	23,76	30	2	4	C
5	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	73	8,5	28,27	30	3	3	C
6	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	12	84,13	30	3	3	C
7	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	60	6,5	33,18	53	2	5	C
8	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	118	12,5	82,52	41	2	1	C
9	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	80	7,5	28,27	45	2	1	C
10	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	107	8	33,18	50	3	4	C
11	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	50	7,5	14,19	44	3	2	C
12	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	121	8,5	33,18	45	2	5	C
13	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	133	7,5	50,27	45	3	5	C
14	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	82	6,5	14,19	37	2	5	C
15	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	86	6,4	12,57	50	3	4	C
16	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	80	6,5	14,19	45	2	4	C
17	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	112	8	30,68	40	3	4	C
18	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	96	6,8	44,18	44	3	5	C
19	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	5	23,76	42	2	4	C
20	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	81	5	15,90	44	2	4	C
21	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	78	6	15,90	45	3	4	C
22	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	90	8	12,57	40	1	4	C
23	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	56	6,5	17,72	46	2	4	C
24	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	8	95,03	39	3	4	C
25	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	115	11	81,71	36	3	8	C
26	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	112	9	38,48	37	2	5	C
27	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	113	9,5	41,28	32	3	4	C
28	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	87	6,5	15,90	33	3	4	C
29	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	115	9	30,68	39	3	4	C
30	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	130	8	50,27	38	2	0	C
31	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	130	12	47,17	43	2	4	C
32	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	142	10	70,88	37	2	3	C
33	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	12	63,62	33	3	3	C
34	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	126	6,5	38,48	44	3	1	C
35	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	8,5	56,75	37	3	7	C
36	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	88	8,5	33,18	48	3	5	C
37	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	97	9	63,62	50	2	6	C
38	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	14,5	59,45	103	2	15	C
39	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	125	11	63,62	21	3	11	C
40	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	152	9	50,27	32	3	6	C
41	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	108	9	44,18	37	3	5	C
42	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	118	8	56,75	17	3	5	C
43	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	67	8,5	50,27	25	3	6	C
44	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	122	8	15,90	30	2	5	C
45	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	230	17	122,72	170	2	17	C
46	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	250	12	33,18	25	2	1	C
47	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	115	14,5	28,27	50	3	8	C
48	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	60	7	25,97	23	2	12	C
49	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	120	9,5	56,75	37	3	10	C
50	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	125	11	44,18	21	3	10	C

Tabla 13. Datos colectados, Zona 2.

Zona 3

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno: Pasto/Cemento
1	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	70	9,5	60,13	15	3	9	C
2	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	92	8	56,75	20	3	7	C
3	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	12	47,17	10	3	9	C
4	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	150	10	47,17	8	3	8	C
5	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	72	8	44,18	7	3	6	C
6	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	128	8	60,13	8	3	6	C
7	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	113	8	70,88	130	3	5	P
8	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	68	5	33,18	25	3	3	C
9	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	119	6	63,62	12	3	4	C
10	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	80	6	17,72	15	3	5	C
11	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	124	11	103,87	0	3	5	C
12	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	133	9	50,27	30	3	10	C
13	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	106	9	47,17	25	3	7	C
14	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	111	9	35,78	40	1	10	C
15	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	119	10	44,18	35	1	5	C
16	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	160	8,5	122,72	20	3	8	C
17	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	102	6,8	60,13	25	1	8	C
18	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	122	4,9	63,62	35	1	8	C
19	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	102	10,5	50,27	40	1	12	C
20	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	106	9	35,78	43	1	13	C
21	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	26	2,8	2,41	45	1	9	C
22	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	128	9	56,75	37	1	5	C
23	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	107	8,5	63,62	42	2	7	C
24	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	108	4,8	38,48	26	1	9	C
25	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	119	9,4	95,03	27	3	9	C
26	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	138	8	63,62	35	3	11	C
27	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	9,5	70,88	27	3	6	C
28	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	114	8	73,90	34	1	5	C
29	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	89	7	34,73	38	1	8	C
30	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	101	7,5	74,66	50	3	9	C
31	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	88	8,5	30,68	20	1	6	C
32	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	155	7	70,88	10	1	7	C
33	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	121	6,5	56,75	9	1	8	C
34	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	151	15	78,54	90	3	10	P
35	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	224	17,5	108,43	122	3	4	P
36	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	266	14	30,68	135	3	8	P
37	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	258	15,5	99,40	20	3	8	P
38	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	277	19,5	148,49	160	3	5	P
39	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	124	17	35,78	12	3	6	C
40	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	126	18	33,18	18	2	9	C
41	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	102	16	44,18	15	2	8	C
42	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	156	17	53,46	17	3	14	C
43	<i>Prunus serotina</i>	Cerezo Criollo	109	6,5	53,46	30	2	5	C
44	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	98	7,5	56,75	120	3	6	P
45	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	108	8	33,18	150	3	6	P
46	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	117	8	23,76	140	3	5	P
47	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	65	5	7,07	140	3	2	P
48	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	115	7,5	35,78	80	2	3	P
49	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	114	8,5	38,48	120	3	5	P
50	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	220	10	48,40	190	3	7	P

Tabla 14. Datos colectados, Zona 3.

Zona 4

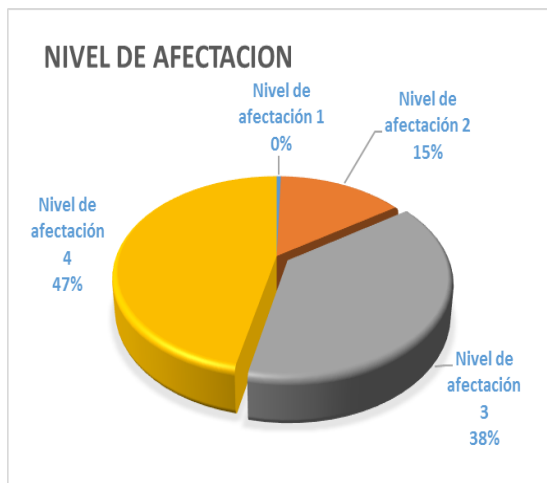
Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno: Pasto/Cemento
1	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	280	23	363,05	70	3	10	P
2	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	360	25	251,65	86	2	10	P
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	300	14,5	180,27	174	3	6	C
4	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	82	9	44,18	25	1	5	C
5	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	60	6	34,73	32	1	2	C
6	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	76	8	53,46	28	2	5	C
7	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	152	8,4	70,88	110	3	9	P
8	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	270	25	188,69	70	3	7	P
9	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	210	21	247,87	90	2	8	P
10	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	193	18	95,03	20	3	7	C
11	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	190	14	132,73	26	2	5	P
12	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	257	20	148,49	20	3	20	P
13	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	238	19	122,72	70	3	12	P
14	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	270	18,5	132,73	30	3	9	P
15	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	230	18	103,87	160	1	2	P
16	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	222	17	103,87	100	2	4	P
17	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	188	14,5	86,59	50	2	7	P
18	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	235	17,5	103,87	8	2	4	P
19	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	318	16,5	86,59	0	2	11	C
20	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	220	16	63,62	0	2	12	C
21	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	300	14	60,13	0	2	8	C
22	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	99	10	44,18	0	2	5	C
23	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	200	13	60,13	80	2	8	P
24	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	270	16	153,94	180	3	7	P
25	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	119	11	50,90	20	2	8	C
26	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	150	11,5	65,76	0	3	6	C
27	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	97	12	28,27	0	1	5	C
28	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	184	14	67,20	0	2	7	C
29	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	68,5	10,5	45,36	27	2	4	C
30	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	61	10,8	35,26	27	1	6	C
31	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	125	10	56,75	15	3	9	C
32	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	67	7	21,65	26	2	4	C
33	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	92	7,8	19,64	20	3	9	C
34	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	65	8,9	33,18	18	3	6	C
35	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	147	16	44,18	0	3	6	C
36	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	81	11,5	25,52	8	2	8	C
37	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	89	10	39,59	12	2	9	C
38	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	94	10	45,96	20	3	6	C
39	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	51	8	17,72	25	2	5	C
40	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	60	9	28,27	25	2	5	C
41	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	65	9	20,43	20	2	5	C
42	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	46	6,8	20,43	22	2	6	C
43	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	40	7	11,64	36	2	7	C
44	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	42	5	7,79	25	2	7	C
45	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	66	6	29,71	25	2	4	P
46	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	112	5	53,46	20	2	5	C
47	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	96	5	58,09	36	1	4	C
48	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	70	4	40,15	40	1	1	C
49	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	90	6	43,01	47	2	3	C
50	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	46	3,8	15,90	50	1	2	C

Tabla 15. Datos colectados, Zona 4.

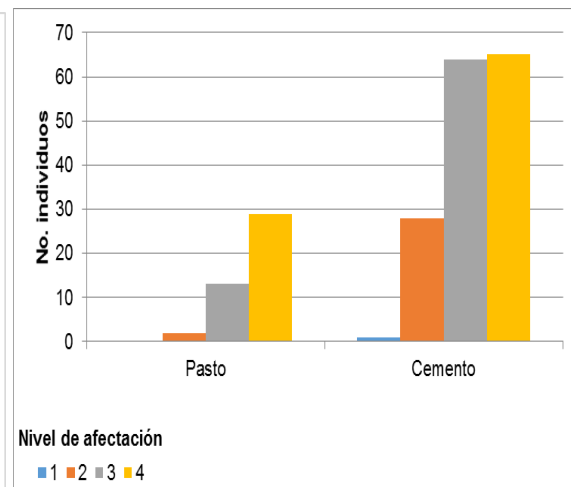
El 85% del muestreo está repartido en 3 especies: *Ficus tequendamae*, *Liquidambar styraciflua* y *Fraxinus chinensis*.

En la gráfica 1 se muestra que el 85% de los individuos del muestreo presentaron un nivel de afectación medio y alto, en la tabla 16 se detalla para cada nivel de afectación el número de individuos hallados.

Según la gráfica 2, hay un mayor número de individuos con afectación media (62 individuos) y afectación alta (63 individuos) al encontrarse alrededor de concreto, en comparación al número de individuos con afectación media (12 individuos) y afectación alta (29 individuos) cuando están alrededor de pasto.



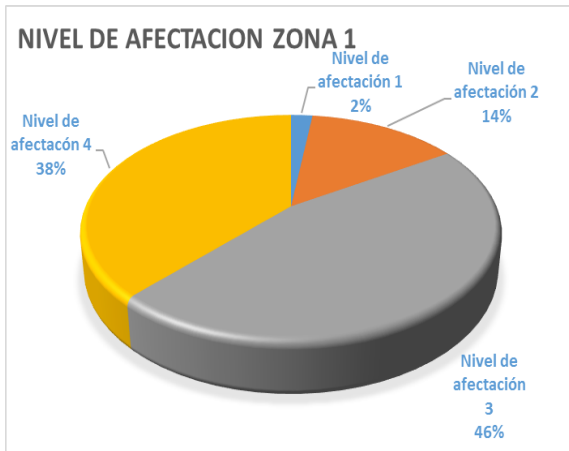
Gráfica 1. Nivel de afectación de los Individuos muestreados.



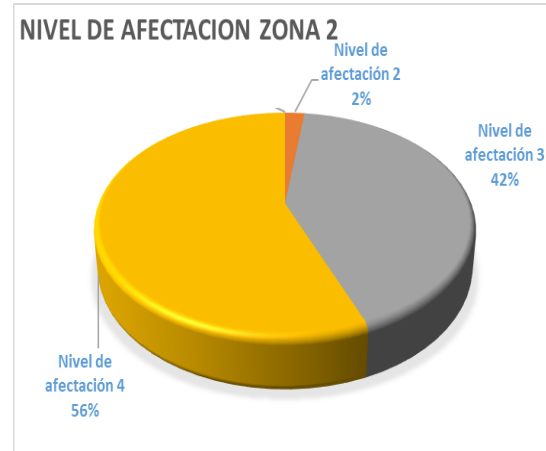
Gráfica 2. Nivel de afectación según entorno Pasto/Concreto

No. De Individuos	Nivel de afectación	Referencia
1	1	Sin afectación
30	2	Afectación baja
77	3	Afectación media
94	4	Afectación alta
202		

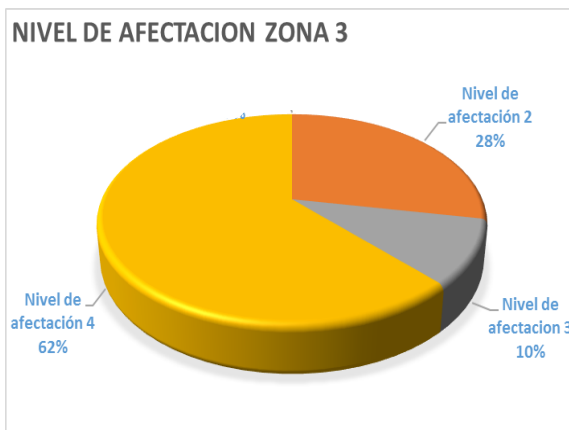
Tabla 16. Individuos por nivel de afectación



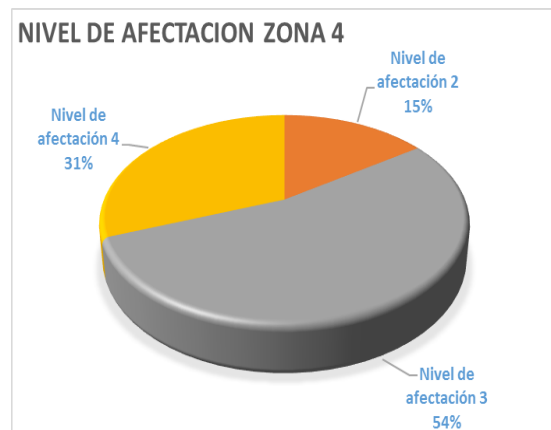
Gráfica 3. Nivel de afectación zona 1



Gráfica 4. Nivel de afectación zona 2



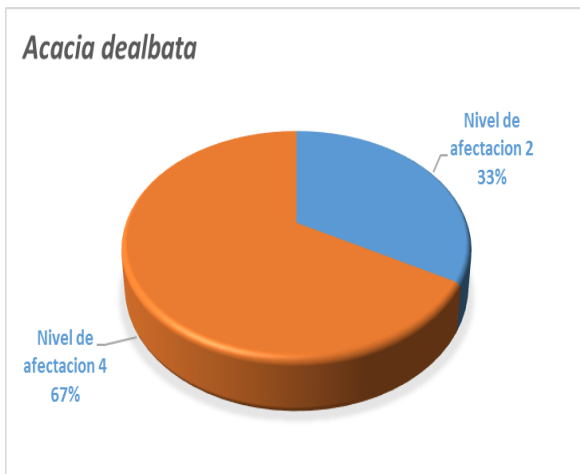
Gráfica 5. Nivel de afectación zona 3



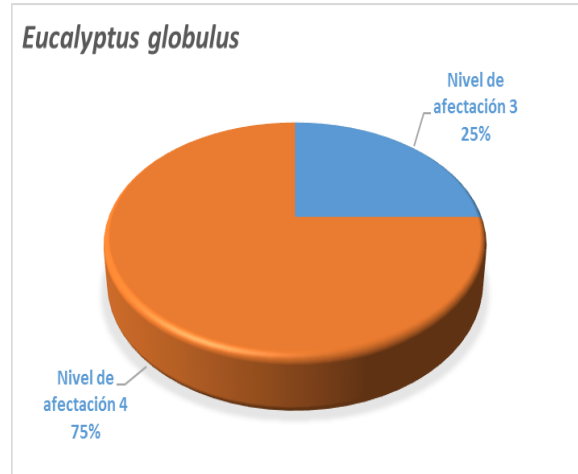
Gráfica 6. Nivel de afectación zona 4

En la Zona 1, ver gráfica 3, el nivel de afectación media es el de mayor presencia, contando así con un 46% equivalente a 23 individuos. En la Zona 2 ver gráfica 4, más de la mitad de los árboles muestreados (56%) presenta nivel de afectación alta. En esta zona el 98% de los individuos muestreados está repartido en nivel de afectación media y alta presentando notables efectos adversos sobre la infraestructura vial.

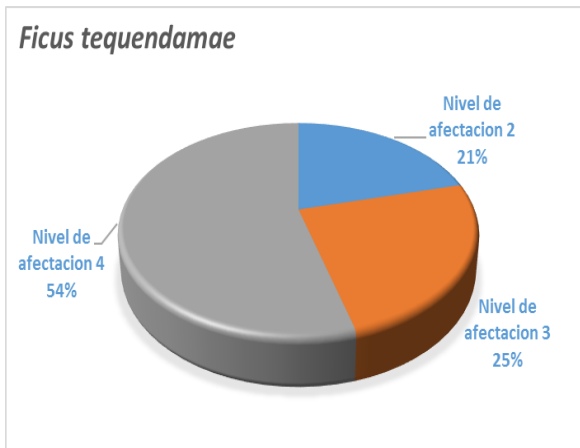
En la gráfica 5 se observa que en la Zona 3 el 62% de los árboles presenta nivel de afectación alta, sin embargo en esta zona el nivel de afectación baja es en la que más se observa con un 28% de los individuos, éste nivel de afectación se identifica por presentar daños menores como lo son grietas con anchos por debajo a los 2 cm y hasta 50 cm de longitud. La zona 4, ver Gráfica 6, es la que presenta menos individuos que generen rompimientos de las losas de concreto, agrietamientos y fisuras en estructuras circundantes (Nivel de afectación alto).



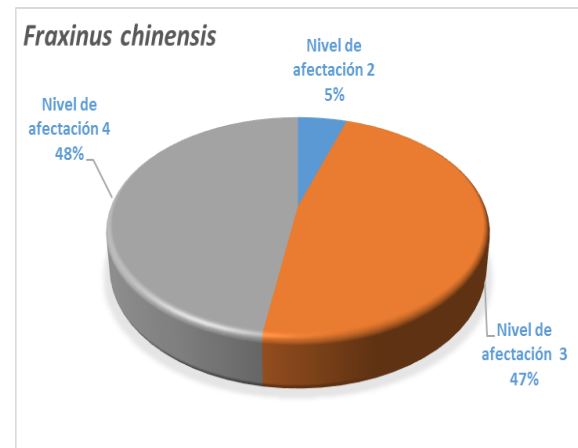
Gráfica 7. Nivel de afectación *Acacia dealbata*



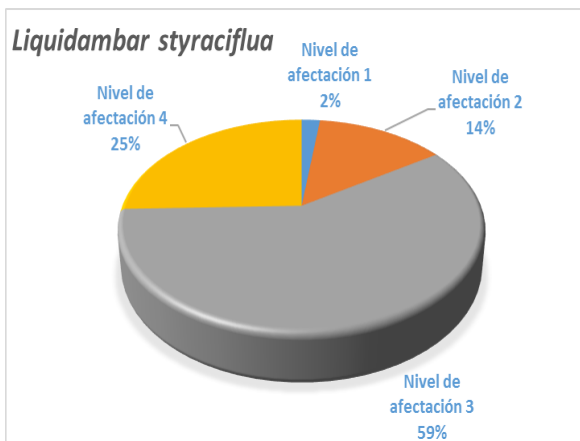
Gráfica 8. Nivel de afectación *Eucalyptus globulus*



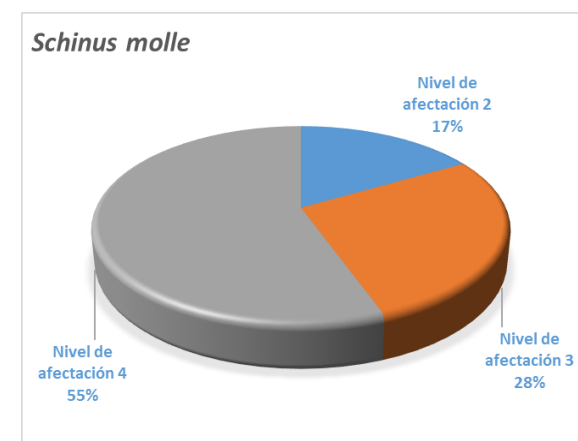
Gráfica 9. Nivel de afectación *Ficus tequendamae*



Gráfica 10. Nivel de afectación *Fraxinus chinensis*



Gráfica 11. Nivel de afectación *Liquidambar styraciflua*



Gráfica 12. Nivel de afectación *Schinus molle*

De los individuos pertenecientes a la especie ***Acacia dealbata***, ver gráfica 7, el 67% genera un nivel de afectación alto. En la gráfica 8 se muestra que el 75% causa nivel de afectación alto y corresponde a la especie ***Eucalyptus globulus***, generando daños severos sobre la infraestructura vial.

La especie ***Ficus tequendamae*** (gráfica 9) es la que mayor número de individuos presenta del total de los arboles muestreados, con 81 individuos, el 54% de estos, presentan nivel de afectación alto.

En la gráfica 10 se observa que de los individuos pertenecientes a la especie ***Fraxinus chinensis*** el 95% causa niveles de afectación media y alta.

Para la especie ***Liquidambar styraciflua*** con 51 individuos del muestreo general (gráfica 17), el 59% de sus individuos presenta nivel de afectación media, ver gráfica 11.

En cuanto a la especie ***Schinus molle*** (gráfica 12), el 55% tiene nivel de afectación alto.

Los individuos que se muestrearon pertenecientes a las especies ***Prunus serotina*** y ***Sambucus nigra*** presentan nivel de afectación media, mientras que el total de ***Acacia melanoxylon*** causa nivel de afectación alto.

Individuos según niveles de afectación para cada zona

En la zona 1 (ver tabla 17) se observa que el nivel de afectación más recurrente es el medio, ver gráfica 13, es decir, presenta grietas entre 2 cm. y 5 cm., mayores a 50 cm. de longitud, causando de este modo hundimientos y/o levantamientos, también se observa que la especie con mayor número de individuos es ***Liquidambar styraciflua***.

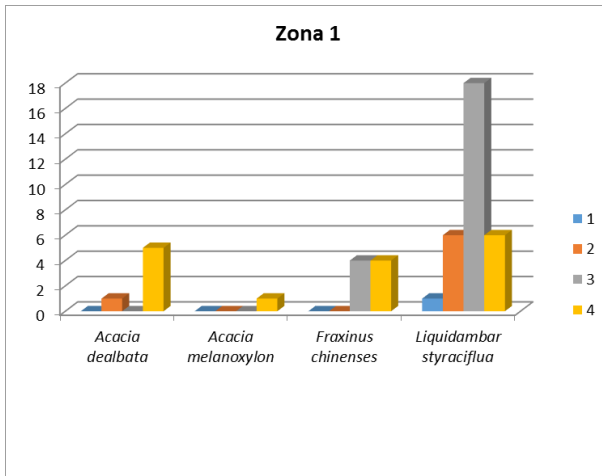
En la zona 2, gráfica 14, se registraron datos de ***Ficus tequendamae*** y ***Fraxinus chinensis***, el nivel de afectación más recurrente es el alto, es decir, rompimientos de las losas de concreto, agrietamientos y fisuras en estructuras circundantes, la especie con mayor número de individuos es ***Ficus tequendamae***.

En la gráfica 15 de la zona 3 se observa que al igual que en la zona 2 el nivel de afectación alto es el que cuenta con un mayor número de individuos sin embargo, el 28% de los individuos presentes en esta zona causa nivel de afectación bajo. La especie con mayor número de individuos es ***Ficus tequendamae***.

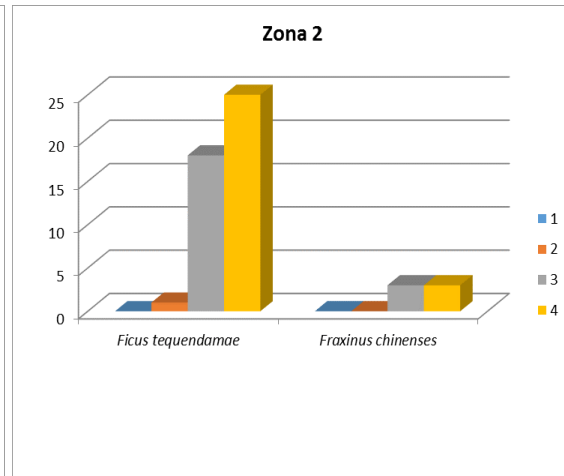
En la zona 4 se observa que el nivel de afectación más recurrente es el medio, ver Gráfica 16, seguido del nivel de afectación alto siendo ***Fraxinus chinensis*** y ***Liquidambar styraciflua*** las especies con mayor número de individuos.

Zona	Nivel de afectación mas recurrente
1	3/MEDIA
2	4/ALTA
3	4/ALTA
4	3/MEDIA

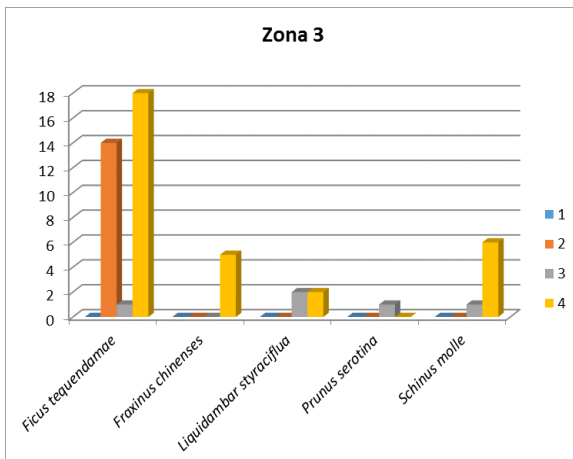
Tabla 17. Nivel de afectación más recurrente según zona.



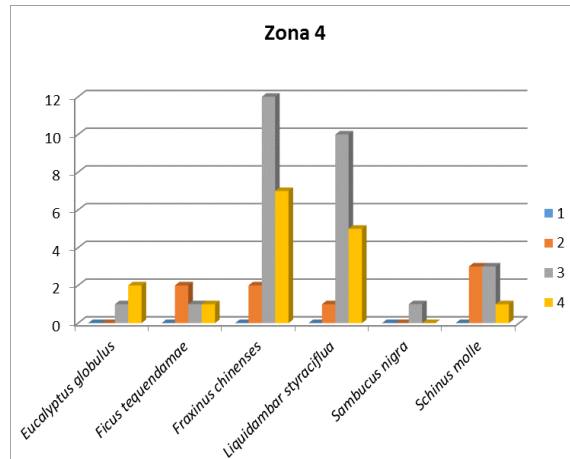
Gráfica 13. Individuos por especie según nivel de afectación zona 1.



Gráfica 14. Individuos por especie según nivel de afectación zona 2.

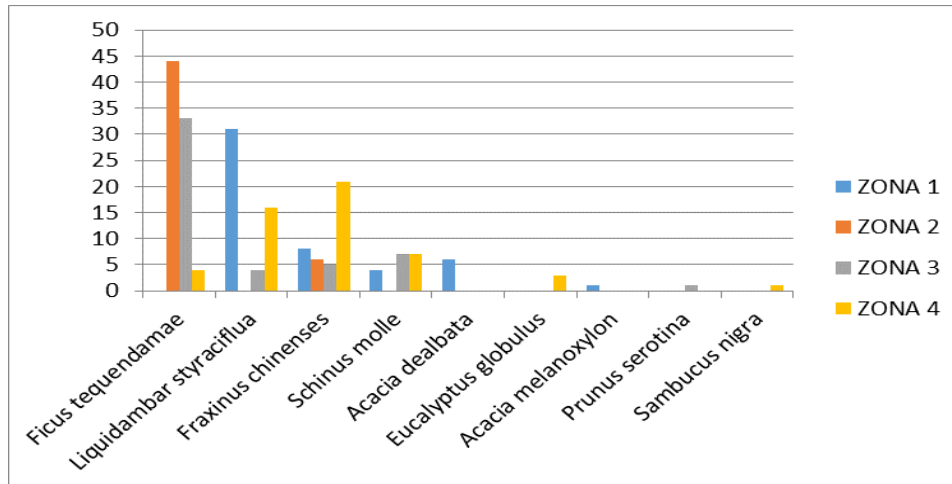


Gráfica 15. Individuos por especie según nivel de afectación zona 3.



Gráfica 16. Individuos por especie según nivel de afectación zona 4.

En la gráfica 17 se observa que de todo el muestreo la especie que tuvo un mayor número de individuos fue *Ficus tequendamae* (Caucho Tequendama) con un 40% (81 individuos) del total del muestreo (202 individuos), siguiéndole *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar) con el 25% (51 individuos) y *Fraxinus chinensis* (Urapan) con el 20% (40 individuos). La especie *Ficus tequendamae* esta prioritariamente en las Zonas 2 y 3, *Liquidambar styraciflua* en la Zona 1 y 4 y *Fraxinus chinensis* está presente en todas las Zonas y su mayor número de individuos se encuentra en la Zona 4

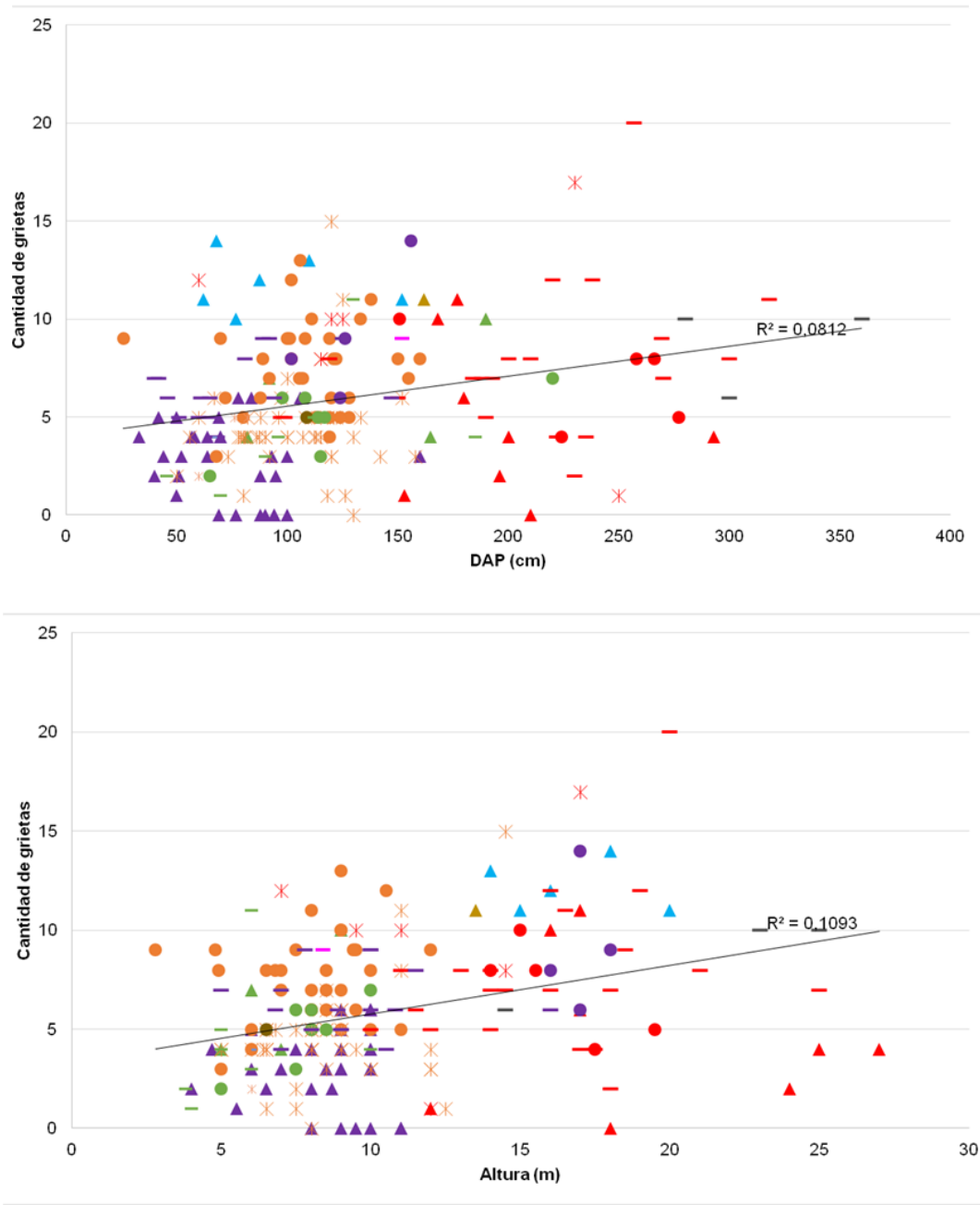


Gráfica 17. Individuos por especie según la zona

6.3 Relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas, los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá.

Para determinar la existencia de relaciones entre las variables analizadas (especie, entorno, zona, DAP, altura, APC y distancia al bordillo) y la afectación medida como nivel de afectación y cantidad de grietas se desarrollaron unas gráficas de dispersión para observar la existencia de alguna línea de tendencia, sin embargo, los resultados de estas Gráficas al no ser tan contundente, se decidió implementar el uso de un ANOVA para poder observar estadísticamente las relaciones entre las especies arbóreas, sus características morfológicas, los tipos de suelo, y las afectaciones en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá con un nivel de confianza superior al 95%.

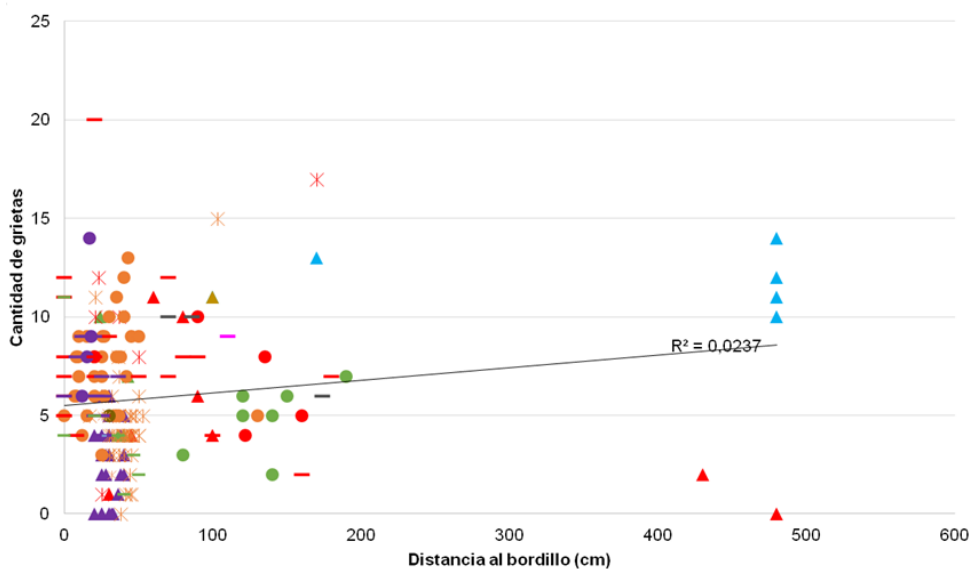
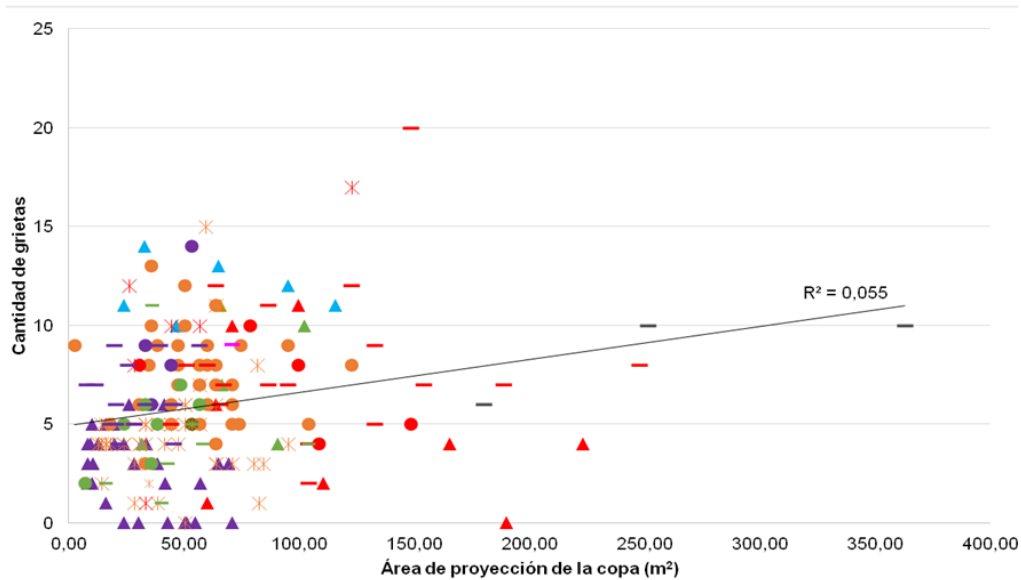
La gráfica 18 es una gráfica de dispersión, donde se muestran las relaciones entre cantidad de grietas versus DAP y Altura, en las dos relaciones se observa una tendencia lineal a que a mayor DAP y Altura, hay un mayor numero de grietas.



ESPECIE		ZONA
■ <i>Acacia dealbata</i>	■ <i>Fraxinus chinenses</i>	▲ Zona 1
■ <i>Acacia melanoxylon</i>	■ <i>Liquidambar styraciflua</i>	✕ Zona 2
■ <i>Eucalyptus globulus</i>	■ <i>Prunus serotina</i>	● Zona 3
■ <i>Ficus tequendamae</i>	■ <i>Sambucus nigra</i>	— Zona 4

Gráfica 18. Relación cantidad de grietas versus DAP y altura

En la gráfica 19, se muestran las relaciones entre cantidad de grietas versus área de proyección de la copa y distancia al bordillo, en las dos relaciones se observa una tendencia lineal a que a mayor Área de proyección de la copa y a menor Distancia al bordillo, hay un mayor numero de grietas.



ESPECIE		ZONA
■ <i>Acacia dealbata</i>	■ <i>Fraxinus chinenses</i>	▲ Zona 1
■ <i>Acacia melanoxylon</i>	■ <i>Liquidambar styraciflua</i>	✖ Zona 2
■ <i>Eucalyptus globulus</i>	■ <i>Prunus serotina</i>	● Zona 3
■ <i>Ficus tequendamae</i>	■ <i>Sambucus nigra</i>	— Zona 4

Gráfica 19. Relación cantidad de grietas versus área de proyección de la copa y distancia al bordillo

Con el uso de Statgraphics X64 se realizó un análisis de varianza (ANOVA), en la tabla 17 se observan los resultados del ANOVA, muestra el efecto de las variables de estudio (zona, entorno, distancia al bordillo, especie, DAP, altura y área de

proyección de la copa), sobre el nivel de afectación y la cantidad de grietas. Se señalan en color rojo los datos que reflejan una relación significativa con un 95% de confianza, donde el p valor es inferior a 0,05.

En cuanto al nivel de afectación (Tabla 17) de las 7 variables antes descritas, 4 (números en rojo) presentan un valor – p por debajo de 0,05 (95% de confianza), las cuales son en su orden ascendente: Zona (valor - p: 0,0001), Entorno (valor - p: 0,0077), Distancia al bordillo (valor - p: 0,0301) y Especie (valor - p: 0,0360). En cambio las variables que menos relación tienen, según el nivel de confianza que indica el valor – p, en su orden ascendente son: Altura (valor - p: 0,3094), DAP (valor - p: 0,3826) y Área de proyección de la copa (valor - p: 0,4365).

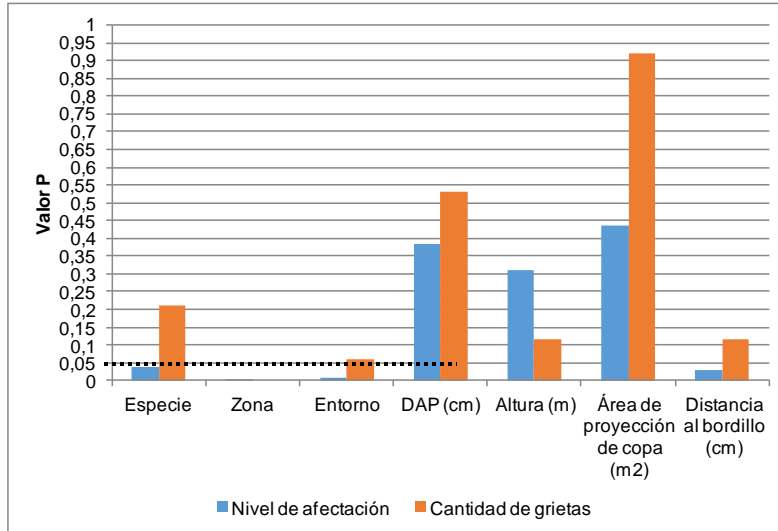
Para la cantidad de grietas (Tabla 17) la variable de la zona es la única que es estadísticamente significativa ya que presenta un valor – p 0.0000, mientras que en orden ascendente, las variables Entorno con valor – p: 0,0590, Distancia al bordillo con valor – p: 0,1133, Altura con valor – p: 0,1175, Especie con valor – p: 0,2095, DAP con valor – p: 0,5327 y Área de proyección de la copa con valor – p: 0,9214

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	NIVEL DE AFECTACIÓN					CANTIDAD DE GRIETAS				
	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Especie	3,84585	3	1,28195	2,91	0,0360	35,8734	3	11,9578	1,53	0,2095
Zona	9,47767	3	3,15922	7,17	0,0001	266,863	3	88,9544	11,35	0,0000
Entorno	3,20225	1	3,20225	7,27	0,0077	28,3214	1	28,3214	3,61	0,0590
DAP	0,337641	1	0,337641	0,77	0,3826	3,06361	1	3,06361	0,39	0,5327
Altura	0,457853	1	0,457853	1,04	0,3094	19,3993	1	19,3993	2,47	0,1175
Área de proyección de copa	0,268033	1	0,268033	0,61	0,4365	0,0765077	1	0,0765077	0,01	0,9214
Distancia al bordillo	2,1071	1	2,1071	4,78	0,0301	19,8495	1	19,8495	2,53	0,1133
Residuo	77,995	177	0,44065			1387,42	177	7,83854		
Total (corregido)	97,8095	188				1984,58	188			

Tabla 18. Resultados ANOVA *Para el análisis se excluyeron los datos de *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *Eucalyptus globulus*, *Prunus serotina*, *Sambucus nigra* debido a que por la baja abundancia podrían representar un sesgo para el análisis.

En la gráfica 20, se observa comparativamente el nivel de afectación y la cantidad de grietas a partir del valor – p, para cada variable, la línea punteada indica el 95% de confianza, la única variable que en ambos casos presenta un nivel de confianza superior al 95% es la variable Zona.



Gráfica 20. Valor-P de las variables independientes de estudio sobre el nivel de afectación.

7. Discusión

El 85% de los individuos del muestreo presentaron un nivel de afectación medio y alto (Gráfica 1) lo que confirma que en Bogotá se evidencia un importante deterioro sobre la infraestructura vial debido a los árboles mal localizados (Acuña, 1997), uno de los motivos es que se plantan a lado y lado de las calles, debajo de los conductos de energía eléctrica, sobre las redes de alcantarillado y las tuberías de acueducto, o en un entorno de concreto (Acuña, 1997). Estos son espacios que impiden un crecimiento adecuado de cualquier especie (Medina y Herrero, 1992).

Según la gráfica 2, El entorno donde se desarrollan los árboles, si tiene que ver con los niveles de afectación observados, puesto que hay un mayor número de individuos con afectación media (62 individuos) y alta (63 individuos) al encontrarse alrededor de concreto, en comparación al número de individuos con afectaciones media (12 individuos) y alta (29 individuos) cuando están alrededor de pasto. En los andenes los levantamientos, hundimientos, grietas, rompimientos y taponamientos de redes de acueducto, alcantarillado, energía o teléfono son los problemas más frecuentemente ocasionados en estos espacios por las raíces de los árboles, debido a los reducidos espacios de los andenes, estas áreas se caracterizan por presentar a veces redes aéreas y subterráneas de servicios públicos.

Otro de los factores a considerar es acerca de los requerimientos hídricos diarios para la supervivencia y desarrollo de los árboles, esa cantidad, es función de la especie y dentro de ella, la edad y el tamaño del árbol, en el estudio no se evaluó la edad de los individuos, sin embargo la edad es un factor que influye en la cantidad del requerimiento hídrico de los árboles. Algunas especies alcanzan hasta los 40 m. como los cipreses y eucaliptos que consumen hasta 450 l. por día, especialmente en sequía y con vientos (Acuña, 1996).

Se debe tener en cuenta que la función principal de las raíces es la absorción de agua y sales minerales disueltas, lo cual se realiza en árboles principalmente a través de los pelos absorbentes y micorrizas, y en menor proporción a través de las grietas que se forman en la corteza de las raíces, si el proceso de absorción radical no ocurre, el árbol muere por falta de agua y nutrimentos, por tal razón adicionalmente al requerimiento hídrico se debe tener en cuenta que si parte de la superficie que rodea al árbol se cubre con un material que impida la filtración del agua como lo es el asfalto, concreto o se construye una casa, el árbol se ve obligado a modificar el arreglo de sus raíces y a extraer del suelo la máxima cantidad de agua posible. En estas condiciones y dependiendo de las necesidades de agua, las raíces pueden crecer hasta unos 20 mm. diarios logrando longitudes de unos 20 m., moviendo las partículas que componen el suelo y generando la desecación y contracción del mismo (Acuña y Salazar 1997).

Las raíces tienen la habilidad de corregir su curso muy rápidamente si encuentran un obstáculo en su camino, tales como piedras o muros, como se mencionó anteriormente, los suelos de la ciudad de Bogotá son transformados a profundidades por encima de 30cm. impidiendo un desarrollo normal de las raíces, haciendo que tengan que extenderse sobre la superficie, o abriéndose espacio entre andenes y estructuras de edificaciones, generando hundimientos y/o levantamientos, fisuras y múltiples agrietamientos en los mismos.

Zonas

En la zona 1 los árboles que se muestrearon están ubicados sobre la Av. 1º de Mayo por el sector de la Transversal 78H y la Av. Boyacá por el sector de la calle 1 por el sector de la calle # 1-22 hacia el Sur (Figura 19). En esta zona se presentan características de suelo franco arcilloso limoso, es decir suelos semipermeables a impermeables, el 38% de los árboles presentes en ésta zona indican un nivel de afectación alto como se muestra en la gráfica 3, hubo un mayor porcentaje de individuos con nivel de afectación 3 (46%).

En la calle 80 se tomaron muestras de individuos por el sector de la carrera 111 hacia el occidente pertenecientes a la zona 2 (Figura 19), ésta se identifica por presentar características de suelo arcilloso, el cual ocasiona impermeabilidad y sí adicionalmente, hay presencia de superficies de concreto que rodeen a los individuos, el daño es mayor sobre la infraestructura vial, pues al no filtrar libremente el agua, las raíces deben reacomodarse para lograr captar más líquido, lo que ratifica el alto nivel de afectación media y alta (98%) en esta zona.

La zona 3 (gráfica 5) es en la que el nivel de afectación bajo tiene mayor incidencia, respecto a las otras (28%), es decir grietas con anchos menores a 2 cm y hasta 50 cm de longitud, catalogado como daños menores, en ésta Zona se seleccionaron individuos por la Autopista Norte desde la calle 116 hacia el norte, donde se identifica un tipo de suelo Franco Arcilloso-Arenoso, siendo éste semipermeable a permeable. Sin embargo, el nivel de afectación alto obtiene el 62% de individuos.

La zona 4 (gráfica 6) por su parte presenta un tipo de suelo Arcilloso Limoso, se tomaron datos de la Carrera 5 a la Carrera 7 desde la calle 39 hasta la calle 70, esta zona se caracteriza por que fue la que menor número de individuos presentan nivel de afectación alto.

Esto indica que los rompimientos de las losas en la zona 4 no son tan frecuentes como en el resto de zonas, se le puede atribuir a que los suelos arcillosos limosos presentan una permeabilidad moderada y de este modo permiten que en los momentos de lluvias haya buena capacidad de filtración y en los momentos de sequía no se contraiga y deseque al nivel de las arcillas que generen importantes movimientos sobre las partículas hasta llegar al rompimiento de las losas de concreto (Casanova, 2005).

Especies

Entre las especies *Acacia dealbata* y *Eucaliptus globulus*, las dos de origen australiano, se identificaron 9 individuos, un número reducido en comparación al resto de las especies.

De *Acacia dealbata* (Gráfica 7) se identificaron 6 individuos, esta especie presenta una raíz superficial, ramificada, abundante y larga con nódulos fijadores de nitrógeno (Tabla 1), ésta especie muestra el 67% con nivel de afectación alto, y el 33% con nivel bajo.

La especie *Eucaliptus globulus* (Gráfica 8), se identifica por presentar raíces superficiales a profundas, ramificadas, largas y gruesas (Tabla 4), el 75% indico nivel de afectación alto y el 24% nivel bajo.

La especie nativa, Caucho Tequendama, *Ficus tequendamae* (Tabla 9), presenta el 54% con un nivel de afectación alto (Gráfica 9), las raíces de esta especie se caracterizan por ser abundantes, largas y delgadas, presentan una profundidad superficial y una estructura pivotante. Debido a sus características del sistema radical generan afectaciones en la infraestructura vial (Manual Verde, 2002). Esta especie es la que presenta mayores niveles de afectación media y alta, también puede deberse a que sea la especie con mayor número de individuos de todo el muestreo como se evidencia en la gráfica 17.

Esto confirma que las especies nativas no siempre son la mejor opción, ya que se debe tener en cuenta que los suelos no son nativos puesto que al ser transformados, los requerimientos hídricos y de nutrientes de estas plantas se ven afectados acarreando una serie de transformaciones en sus estructuras radicales generando costos en el enverdecimiento urbano. Los costos asociados al arbolado urbano deben ser reconocidos mediante trabajos como este para lograr desarrollar planes óptimos de manejo forestal urbanos y así lograr maximizar los beneficios que los árboles en la ciudad proporcionan, mediante programas

exitosos de plantación que optimicen sus servicios y minimicen sus costos (Nowak et. Al, 1997)

De la especie originaria de China y de rápido crecimiento *Fraxinus chinensis* (Gráfica 10), también conocida como Urapan, se encontró que el 95% presenta nivel de afectación media y alta su raíz es superficial y profunda pivotante, abundante larga y gruesa (Tabla 8), generando rompimientos en las losas de concreto y grietas superiores a 5 cm de ancho y más de 50 cm de longitud.

Por su parte el Liquidambar, *Liquidambar styraciflua* originario de Texas (USA) a diferencia de las otra especies analizadas, fue la especie con menor porcentaje de nivel de afectación alta (25%) (Gráfica 11), podría deberse a que sus raíces son de profundidad media (Tabla 6), profundizándose más en lugar de aferrarse hacia la superficie, también son poco ramificadas, abundantes y de longitud mediana, disminuyendo de este modo el rompimiento de las losas de concreto.

El Falso pimienta, *Schinus molle* presenta una raíz superficial, pivotante, abundante y de longitud larga, es originario de Los Andes (Tabla 5), el 55% de los individuos muestreados de esta especie presentaron nivel de afectación alto (Figura 10).

Relaciones Zona Vs. Especie

En la zona 1 se observa que el nivel de afectación más recurrente es el medio, es decir, presentando grietas entre 2 cm y 5 cm, mayores a 50cm de longitud, causando de este modo hundimientos y/o levantamientos, también se observa que la especie con mayor número de individuos es ***Liquidambar styraciflua*** (Gráfica 13).

En la zona 2, se registraron datos de *Ficus tequendamae* y *Fraxinus chinensis*, el nivel de afectación más recurrente es el alto (Gráfica 14), es decir, rompimientos de las losas de concreto, agrietamientos y fisuras en estructuras circundantes, la especie con mayor número de individuos es ***Ficus tequendamae***.

En la zona 3 se observa que al igual que la zona 2 el nivel de afectación alto es el que cuenta con un mayor número de individuos (Gráfica 15), sin embargo el 28% de los individuos presentes en esta zona causa nivel de afectación 2. La especie con mayor número de individuos es ***Ficus tequendamae***.

En la zona 4 se observa que el nivel de afectación más recurrente es el medio, seguido del nivel de afectación alto siendo ***Fraxinus chinensis*** y ***Liquidambar styraciflua*** las especies con mayor número de individuos (Gráfica 16).

En todo el muestreo la especie que tuvo un mayor número de individuos fue *Ficus tequendamae* (Caucho Tequendama) con un 40% (81 individuos) del total del muestreo (202 individuos), siguiéndole *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar) con

el 25% (51 individuos) y *Fraxinus chinensis* (Urapan) con el 20% (40 individuos) ver gráfica 17.

La especie *Ficus tequendamae* esta prioritariamente en las Zonas 2 y 3, *Liquidambar styraciflua* en la Zona 1 y 4 y *Fraxinus chinensis* está presente en todas las Zonas y su mayor número de individuos se encuentra en la Zona 4 (Gráfica 17).

El DAP presenta datos desde 26 cm. hasta 360 cm., en cuanto a las alturas de los individuos muestreados se concentran de 5 a 15mts, mostrando daños tipo medio desde los 5 mts de igual manera representa que a mayor altura va a tender a mayor cantidad de grietas y mayor nivel de afectación.

En la gráfica 18, se muestran las relaciones entre Cantidad de grietas versus DAP y Altura, en las dos relaciones se observa una leve tendencia lineal, que a mayor DAP y Altura, hay un mayor número de grietas.

Se observa que la especie *Liquidambar styraciflua* al estar ubicada en la zona 1, en los rangos de menor DAP presenta una correlación con el rango de menor cantidad de grietas, mientras que los que estan ubicados en la zona 4 presentan un mayor numero de grietas (Gráfica 18).

Los individuos de *Fraxinus chinensis* (Urapan) ubicados en la zona 1 presentan un rango menor de grietas a comparacion de los Urapanes que pertenecen a la zona 2 que a pesar de hallarse individuos con un DAP menor a los de la zona 1, la cantidad de grietas es mayor (Gráfica 18).

En cuanto a la altura, el comportamiento de *Liquidambar styraciflua* en las zonas 1 y 4, el número de grietas está entre los rangos bajos, sin embargo los individuos con mayor altura (más de 15 m.) que estan específicamente ubicados en la zona 3 presentan un mayor número de grietas. Esto puede indicar que a futuro estos árboles posiblemente aumentarán sus daños a la infraestructura (Gráfica 18).

En la zona 1 la especie *Fraxinus chinensis* a pesar de tener los mayores registros de altura de todo el muestreo la cantidad de grietas generadas no es la mas alta. En la zona 3 la especie *Ficus tequendamae* concentra los resultados entre 5 y 10 grietas cuando los individuos estan entre 5 y 10 m. de altura (Gráfica 18).

En la gráfica 19 en cuanto al área proyeccion de la copa, se observa que los datos están muy dispersos, lo que hace que el nivel de confianza no sea significativo para determinar una tendencia, al igual que sucede con la relación a la distancia al bordillo, en esta se muestra que los 6 individuos de *Acacia dealbata* se encuentran en un extremo de la Gráfica, causando un ruido en el analisis, por esta razón se realiza un ANOVA eliminando las especies con menor representación en el estudio, para poder establecer estadísticamente relaciones entre las características morfológicas de las especies, las zonas y las afectaciones en la infraestructura vial.

ANOVA

Para el nivel de afectación el ANOVA muestra un valor-P menor a 0,05 para las variables zona, entorno, distancia al bordillo y especie indicando que existen diferencias significativas entre el nivel de afectación de árboles con diferentes factores de dichas variables con un 95% de confianza y por ende es a esas variables en su orden a las que se les atribuye la afectación en la infraestructura (Tabla 17).

En el caso del ANOVA sobre la cantidad de grietas, la zona fue la una única variable con diferencias significativas con un 95% de confianza (valor-P=0,000), indicando que de las variables estudiadas solo el factor zona tiene efectos considerables sobre la cantidad de grietas y el nivel de afectación.

En la gráfica 20, se observan comparativamente el nivel de afectación y la cantidad de grietas a partir del valor $-p$, para cada variable, la línea punteada indica el 95% de confianza, la única variable que en ambos casos presenta un nivel de confianza superior al 95% es la variable Zona, seguida de la variable Entorno.

En comparación con los resultados estadísticos se confirma con los descriptivos que el mayor nivel de afectación se refleja en la zona 2, de suelos arcillosos y de entorno concreto, generando de este modo que el daño en esta zona sea mayor sobre la infraestructura vial con respecto a las otras, ya que las raíces deben reacomodarse para lograr captar su requerimiento del recurso hídrico, lo que ratifica el alto nivel de afectación media y alta (98%).

En cuanto a la variable Entorno, que es la que continúa estadísticamente en el nivel de confianza del valor $-p$, los datos descriptivos indican en la gráfica 2 que el doble de los individuos que generan niveles de afectación media y alta se encuentran rodeados de concreto, frente al número de individuos mucho menor con niveles de afectación media y alta que están en un área circundante de pasto. Demostrando de este modo que el entorno es una variable con alto nivel de confianza para determinar las afectaciones sobre las vías y andenes.

8. Conclusiones y Recomendaciones

La zona 2, (Calle 80 por el sector de la carrera 111 hacia el occidente) presenta características de suelo arcilloso, lo cual ocasiona impermeabilidad, adicionalmente hay presencia de superficies de concreto que rodean a los individuos, generando de este modo que el daño en esta zona sea mayor sobre la infraestructura vial, ya que las raíces deben reacomodarse para lograr suplir su requerimiento hídrico, lo que ratifica el alto nivel de afectaciones media y alta (98%). Por esta razón es recomendable seleccionar especies de bajo porte o palmas, ya que no presentan raíces agresivas (Londoño, C 2007).

El Liquidambar, *Liquidambar styraciflua*, originario de Texas (USA), a diferencia de las otras especies del estudio, fue la especie con menor porcentaje de nivel de afectación alto (25%) (Gráfica 11), podría deberse a que sus raíces son de profundidad media, profundizándose más en lugar de aferrarse hacia la superficie, también son raíces poco ramificadas, abundantes y de longitud mediana, disminuyendo de este modo el rompimiento de las losas de concreto (Tabla 6), es una especie apta para la arborización urbana ya que cumple a cabalidad los beneficios del arbolado urbano tales como el mejoramiento de la calidad del aire urbano y reducción de la polución del tránsito automotor y la industria, ayuda a la reducción del fenómeno de islas de calor y al fortalecimiento de la estructura ecológica principal, ver tabla 6.

No obstante, en cuanto a la altura, el comportamiento de *Liquidambar styraciflua* se observa que los individuos con mayor altura (más de 15 m.) los cuales están específicamente ubicados en la zona 3 presentan un mayor número de grietas. Esto puede indicar que a futuro estos árboles posiblemente aumentarán sus daños a la infraestructura (Gráfica 18).

Ficus tequendamae (Caucho Tequendama) con un 40% (81 individuos) del total del muestreo (202 individuos) es la especie que presenta mayor número de individuos en nivel de afectación 3 y 4 (gráfica 9) por su sistema de raíz abundante largo y delgado, con una profundidad superficial y una estructura pivotante genera afectaciones en zonas duras y construcciones (Wiesner, 2000), aunque también puede deberse a que es la especie con mayor número de individuos de todo el muestreo; por esta razón se recomienda tener un número fijo por especie para lograr poder realizar las comparaciones equitativamente (Gráfica 17).

Esto confirma que las especies nativas no siempre son la mejor opción, ya que se debe tener en cuenta que los suelos no son nativos puesto que al ser transformados, los requerimientos hídricos y de nutrientes de estas plantas se ven afectados acarreado una serie de transformaciones en sus estructuras radicales generando costos en el enverdecimiento urbano. Estos costos asociados al arbolado urbano deben ser reconocidos mediante trabajos como este para lograr desarrollar planes óptimos de manejo forestal urbano y así lograr maximizar los beneficios que los árboles en la ciudad proporcionan, a través de programas exitosos de plantación que optimicen sus servicios y minimicen sus costos (Nowak et. Al, 1997).

No necesariamente los árboles de mayor tamaño son los que más deterioro causan. Según el ANOVA la altura, el DAP y el área de proyección de la copa no indican efectos adversos sobre la infraestructura vial (Tabla 17), sin embargo estas variables pueden ser importantes a la hora de elegir las especies adecuadas para el arbolado urbano, pues según el lugar puede ser necesario realizar podas constantes para limitar su crecimiento, aumentando los costos del manejo y así acrecentando deservicios causados por los árboles.

Para el nivel de afectación el ANOVA muestra un valor-P menor a 0,05 para las variables zona, entorno, distancia al bordillo y especie indicando que existen diferencias significativas entre el nivel de afectación de árboles con diferentes factores de dichas variables con un 95% de confianza y por ende es a esas variables en su orden a las que se les atribuye la afectación en la infraestructura (figura 37).

En el caso del ANOVA sobre la cantidad de grietas, la zona fue la una única variable con diferencias significativas con un 95% de confianza (valor-P=0,000), indicando que de las variables estudiadas solo el factor zona tiene efectos considerables sobre la cantidad de grietas. Ésta es a su vez la variable con mayor efecto sobre el nivel de afectación.

Se recomienda tener en cuenta el tipo de material que rodea al árbol, ya que muchas veces el comportamiento de algunos materiales es diferente según la humedad y fuerza ejercida por la raíz. Y de este modo seleccionar para cada zona grupos de igual cantidad de individuos que presenten características semejantes en cuanto entorno, especie y edad. Sería oportuno observar las relaciones existentes entre este trabajo y la calidad de vida de los usuarios de los ejes viales.

Se hace necesario seleccionar especies no solo a nivel de Bogotá, sino que se debe realizar pensando en una división de la ciudad de acuerdo a cada una de las condiciones de suelo (zonas), como lo indica el ANOVA, pues es este el factor estadísticamente más determinante en las afectaciones sobre la infraestructura vial. Al igual que cuenten con un entorno de pasto amplio.

El 85% del muestreo se centra en tres especies (Figura 17) las cuales son: *Ficus tequendamae* (Caucho Tequendama) con un 40% (81 individuos) del total del, siguiéndole *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar) con el 25% (51 individuos) y *Fraxinus chinensis* (Urapan) con el 20% (40 individuos), esto puede hacer que los resultados para las otras especies no sean tan certeros debido a la diferencia de individuos entre sí, por lo tanto se recomienda evaluar los individuos en iguales cantidades para lograr obtener datos más precisos y de este modo evaluar mejor el comportamiento urbano de las especies para realizar una buena y efectiva planeación y buen manejo del arbolado urbano.

9. Referencias

- Acuña, F. *Evaluación de daños causados por especies forestales plantadas en Santa Fe de Bogotá*. Tesis ingeniería agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá. 1996.
- Acuña, F. *Influencia de la Arborización en Estructuras de Santa Fe de Bogotá*, Revista Ingeniería e Investigación No. 43 Agosto 1999.
- Acuña, F. y Salazar, J. *Pulmones para Santa Fe de Bogotá*. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agrícola. 1997
- Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. *Memorias del Foro Arborización Urbana* Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. 2000
- Beltrán, L. *Evaluación de daños producidos por árboles ornamentales en pavimentos de la zona norte de Bogotá*. Ingeniería e Investigación. Universidad Nacional de Colombia. 1994.
- Bettini, Virginio. *Elementos de ecología urbana*. Trotta, 1998.
- Casanova, E. *Introducción a la ciencia del suelo*. Caracas UCV Consejo de desarrollo científico y humanístico. 2005
- Castillo, V. *Árboles Riesgo En Tres Áreas De La Universidad Autónoma Chapingo*, Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. México. 2007
- CONIF (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal), DAMA (Departamento Administrativo del Medio Ambiente), *Manual de Arborización Urbana para Santa Fe de Bogotá*. 1998
- González, M., Molina, L. y Sánchez, G. *Aproximación a la historia de los parques de Bogotá*. Colombia. Universidad Antonio Nariño v.1 fasc.1 p.35 - 44 ,2006
- IDU (Instituto de Desarrollo Urbano). *Informe - Inventario Malla vial de Bogota 2004-2011*
- Kadir, A.; Mohd, A. y Othman N. *Towards a Better Tomorrow: Street Trees and Their Values in urban areas*. Centro de estudios de posgrado de la Facultad de Arquitectura, urbanismo y topografía. UiTM Asia Pacific International Conference on Environment-Behaviour

Studies, Salamis Bay Conti Resort Hotel, Famagusta, North Cyprus, 7-9 December 2011. Available online at www.sciencedirect.com

- Londoño, C. *Manual de Silvicultura Urbana para Medellín*. Alcaldía de Medellín, Secretaria del Medio Ambiente. 2007
- López, G. *Botánica: Anatomía, Morfofisiología y Diversidad*. Universidad Autónoma Chapingo, Dirección General de Difusión Cultural. 1998
- Medina, M. y Herrero, M. *Árboles en la ciudad: Fundamentos de una política ambiental basada en el arbolado urbano*. España. 1992, pp. 69-94.
- Molina, L. y Vargas, O. *Gestión estratégica de la arborización urbana: beneficios ecológicos, ambientales y económicos a nivel local y global*. Revista Soluciones de Postgrado EIA, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Número 9. pp. 39-61. 2012
- Molina, L. *Botánica para arquitectos del siglo XXI*. Colombia, Universidad Antonio Nariño. 2009
- Nowak, J., Dwyer, J. y Childs, G. *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, México. pp. 17-38. 1997.
- Remolina, F. *Propuesta de tipología de corredores para la Estructura Ecológica Principal de Bogotá*. Universidad Antonio Nariño, Colombia. 2008.
- Roso, G. y Caicedo, B. *Modelación física del efecto de los árboles en los suelos blandos de Bogotá*. 2005
- Valverde, T y Cano, Z *Ecología y Medio Ambiente*, 2005
- Wiesner, D. *Arborización de Bogotá*, Disponible online: <http://www.dianawiesner.com/investigaciones/arborizacion-de-bogot>. 2000
- Young, R. F. *Planting the Living City: Best Practices in Planning Green Infrastructure—Results From Major US Cities*. *Journal of the American Planning Association*, 77(4), 368-381. 2011.

10. Anexos

Fotografías por: Javier Fernández 2013



















Zona 1

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno Pasto/Cemento
1	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	110	14	65,03	170	1	13	P
2	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	87,5	16	95,02	480	3	12	P
3	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	152	20	115,73	100	3	11	P
4	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	77	9	46,56	480	3	10	P
5	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	68	18	32,67	480	3	14	P
6	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	62	15	23,75	480	3	11	P
7	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia Negra	162	13,5	65,74	100	3	5	P
8	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	210	18	189,88	480	2	0	P
9	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	153	12	60,12	30	2	1	P
10	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	293	27	222,95	45	2	4	P
11	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	200	25	165,10	100	3	4	P
12	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	196	24	110,27	430	2	2	P
13	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	180	17	63,61	90	3	6	P
14	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	168	16	70,87	80	3	10	P
15	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	177	17	99,38	60	3	11	P
16	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	50	6	10,18	40	2	5	C
17	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	69	10	15,90	30	3	5	C
18	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	57	8	19,63	30	2	4	C
19	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	106	10	33,18	25	3	6	C
20	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	70	10	12,56	30	2	4	C
21	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	94	11	23,75	20	3	0	C
22	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	52	6	10,46	40	2	3	C
23	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	70	7,5	23,75	30	3	4	C
24	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	51	6,5	8,29	40	2	2	C
25	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	58	9	8,29	20	2	4	C
26	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	107	10	33,18	25	2	6	C
27	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	84	10	25,96	30	2	6	C
28	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	100	8,5	69,38	28	2	3	C
29	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	95	8	57,20	28	2	2	C
30	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	69	8	30,19	30	0	0	C
31	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	94	9,5	50,89	30	3	0	C
32	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	88	10	54,75	32	2	0	C
33	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	160	10	64,67	30	3	3	C
34	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	88	8,7	41,67	25	1	2	C
35	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	100	11	70,87	25	2	0	C
36	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	90	11	50,13	25	2	0	C
37	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	77	9	42,71	33	2	0	C
38	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	44	7	8,29	40	2	3	C
39	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	78	9	41,27	30	2	6	C
40	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	93	9	28,27	30	1	3	C
41	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	33	4,7	9,08	38	1	4	C
42	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	42	9	19,24	30	2	5	C
43	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	64	10	33,69	25	2	4	C
44	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	50	5,5	15,90	36	1	1	C
45	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	64	9	38,48	25	1	3	C
46	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	40	4	9,90	38	1	2	C
47	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	165	7	90,75	36	3	4	C
48	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	82	5	31,66	40	2	4	C
49	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	92	6	66,46	43	3	7	C
50	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	190	9	102,05	24	3	10	C

Tabla 12. Datos colectados, Zona 1.

Zona 2

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno: Pasto/Cemento
1	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	92	10	63,62	45	3	3	C
2	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	158	10	80,12	40	2	3	C
3	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	79	9	15,90	45	3	4	C
4	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	90	9	23,76	30	2	4	C
5	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	73	8,5	28,27	30	3	3	C
6	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	12	84,13	30	3	3	C
7	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	60	6,5	33,18	53	2	5	C
8	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	118	12,5	82,52	41	2	1	C
9	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	80	7,5	28,27	45	2	1	C
10	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	107	8	33,18	50	3	4	C
11	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	50	7,5	14,19	44	3	2	C
12	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	121	8,5	33,18	45	2	5	C
13	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	133	7,5	50,27	45	3	5	C
14	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	82	6,5	14,19	37	2	5	C
15	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	86	6,4	12,57	50	3	4	C
16	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	80	6,5	14,19	45	2	4	C
17	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	112	8	30,68	40	3	4	C
18	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	96	6,8	44,18	44	3	5	C
19	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	5	23,76	42	2	4	C
20	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	81	5	15,90	44	2	4	C
21	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	78	6	15,90	45	3	4	C
22	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	90	8	12,57	40	1	4	C
23	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	56	6,5	17,72	46	2	4	C
24	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	8	95,03	39	3	4	C
25	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	115	11	81,71	36	3	8	C
26	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	112	9	38,48	37	2	5	C
27	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	113	9,5	41,28	32	3	4	C
28	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	87	6,5	15,90	33	3	4	C
29	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	115	9	30,68	39	3	4	C
30	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	130	8	50,27	38	2	0	C
31	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	130	12	47,17	43	2	4	C
32	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	142	10	70,88	37	2	3	C
33	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	12	63,62	33	3	3	C
34	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	126	6,5	38,48	44	3	1	C
35	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	8,5	56,75	37	3	7	C
36	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	88	8,5	33,18	48	3	5	C
37	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	97	9	63,62	50	2	6	C
38	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	14,5	59,45	103	2	15	C
39	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	125	11	63,62	21	3	11	C
40	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	152	9	50,27	32	3	6	C
41	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	108	9	44,18	37	3	5	C
42	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	118	8	56,75	17	3	5	C
43	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	67	8,5	50,27	25	3	6	C
44	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	122	8	15,90	30	2	5	C
45	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	230	17	122,72	170	2	17	C
46	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	250	12	33,18	25	2	1	C
47	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	115	14,5	28,27	50	3	8	C
48	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	60	7	25,97	23	2	12	C
49	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	120	9,5	56,75	37	3	10	C
50	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	125	11	44,18	21	3	10	C

Tabla 13. Datos colectados, Zona 2.

Zona 3

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno: Pasto/Cemento
1	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	70	9,5	60,13	15	3	9	C
2	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	92	8	56,75	20	3	7	C
3	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	100	12	47,17	10	3	9	C
4	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	150	10	47,17	8	3	8	C
5	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	72	8	44,18	7	3	6	C
6	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	128	8	60,13	8	3	6	C
7	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	113	8	70,88	130	3	5	P
8	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	68	5	33,18	25	3	3	C
9	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	119	6	63,62	12	3	4	C
10	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	80	6	17,72	15	3	5	C
11	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	124	11	103,87	0	3	5	C
12	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	133	9	50,27	30	3	10	C
13	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	106	9	47,17	25	3	7	C
14	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	111	9	35,78	40	1	10	C
15	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	119	10	44,18	35	1	5	C
16	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	160	8,5	122,72	20	3	8	C
17	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	102	6,8	60,13	25	1	8	C
18	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	122	4,9	63,62	35	1	8	C
19	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	102	10,5	50,27	40	1	12	C
20	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	106	9	35,78	43	1	13	C
21	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	26	2,8	2,41	45	1	9	C
22	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	128	9	56,75	37	1	5	C
23	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	107	8,5	63,62	42	2	7	C
24	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	108	4,8	38,48	26	1	9	C
25	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	119	9,4	95,03	27	3	9	C
26	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	138	8	63,62	35	3	11	C
27	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	120	9,5	70,88	27	3	6	C
28	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	114	8	73,90	34	1	5	C
29	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	89	7	34,73	38	1	8	C
30	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	101	7,5	74,66	50	3	9	C
31	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	88	8,5	30,68	20	1	6	C
32	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	155	7	70,88	10	1	7	C
33	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	121	6,5	56,75	9	1	8	C
34	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	151	15	78,54	90	3	10	P
35	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	224	17,5	108,43	122	3	4	P
36	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	266	14	30,68	135	3	8	P
37	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	258	15,5	99,40	20	3	8	P
38	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	277	19,5	148,49	160	3	5	P
39	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	124	17	35,78	12	3	6	C
40	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	126	18	33,18	18	2	9	C
41	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	102	16	44,18	15	2	8	C
42	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	156	17	53,46	17	3	14	C
43	<i>Prunus serotina</i>	Cerezo Criollo	109	6,5	53,46	30	2	5	C
44	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	98	7,5	56,75	120	3	6	P
45	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	108	8	33,18	150	3	6	P
46	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	117	8	23,76	140	3	5	P
47	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	65	5	7,07	140	3	2	P
48	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	115	7,5	35,78	80	2	3	P
49	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	114	8,5	38,48	120	3	5	P
50	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	220	10	48,40	190	3	7	P

Tabla 13. Datos colectados, Zona 3.

Zona 4

Individuo	Especie	Nombre común	DAP cm	hT m	Área de proyección de la copa m ²	Distancia al bordillo cm	Tipo de daño*	Cantidad de grietas	Entorno: Pasto/Cemento
1	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	280	23	363,05	70	3	10	P
2	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	360	25	251,65	86	2	10	P
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	300	14,5	180,27	174	3	6	C
4	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	82	9	44,18	25	1	5	C
5	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	60	6	34,73	32	1	2	C
6	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	76	8	53,46	28	2	5	C
7	<i>Ficus tequendamae</i>	Caucho tequendama	152	8,4	70,88	110	3	9	P
8	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	270	25	188,69	70	3	7	P
9	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	210	21	247,87	90	2	8	P
10	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	193	18	95,03	20	3	7	C
11	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	190	14	132,73	26	2	5	P
12	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	257	20	148,49	20	3	20	P
13	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	238	19	122,72	70	3	12	P
14	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	270	18,5	132,73	30	3	9	P
15	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	230	18	103,87	160	1	2	P
16	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	222	17	103,87	100	2	4	P
17	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	188	14,5	86,59	50	2	7	P
18	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	235	17,5	103,87	8	2	4	P
19	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	318	16,5	86,59	0	2	11	C
20	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	220	16	63,62	0	2	12	C
21	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	300	14	60,13	0	2	8	C
22	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	99	10	44,18	0	2	5	C
23	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	200	13	60,13	80	2	8	P
24	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	270	16	153,94	180	3	7	P
25	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	119	11	50,90	20	2	8	C
26	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	150	11,5	65,76	0	3	6	C
27	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	97	12	28,27	0	1	5	C
28	<i>Fraxinus chinenses</i>	Urapan	184	14	67,20	0	2	7	C
29	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	68,5	10,5	45,36	27	2	4	C
30	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	61	10,8	35,26	27	1	6	C
31	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	125	10	56,75	15	3	9	C
32	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	67	7	21,65	26	2	4	C
33	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	92	7,8	19,64	20	3	9	C
34	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	65	8,9	33,18	18	3	6	C
35	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	147	16	44,18	0	3	6	C
36	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	81	11,5	25,52	8	2	8	C
37	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	89	10	39,59	12	2	9	C
38	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	94	10	45,96	20	3	6	C
39	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	51	8	17,72	25	2	5	C
40	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	60	9	28,27	25	2	5	C
41	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	65	9	20,43	20	2	5	C
42	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	46	6,8	20,43	22	2	6	C
43	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	40	7	11,64	36	2	7	C
44	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	42	5	7,79	25	2	7	C
45	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	66	6	29,71	25	2	4	P
46	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	112	5	53,46	20	2	5	C
47	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	96	5	58,09	36	1	4	C
48	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	70	4	40,15	40	1	1	C
49	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	90	6	43,01	47	2	3	C
50	<i>Schinus molle</i>	Falso Pimiento	46	3,8	15,90	50	1	2	C

Tabla 14. Datos colectados, Zona 4.

Tablas de individuos por especies según zona

Zona 1	
Especie	# Individuos
<i>Acacia dealbata</i>	6
<i>Acacia melanoxylon</i>	1
<i>Fraxinus chinensis</i>	8
<i>Liquidambar styraciflua</i>	31
<i>Schinus molle</i>	4

50

Zona 2	
Especie	# Individuos
<i>Ficus tequendamae</i>	44
<i>Fraxinus chinensis</i>	6

50

Zona 3	
Especie	# Individuos
<i>Ficus tequendamae</i>	33
<i>Fraxinus chinensis</i>	5
<i>Liquidambar styraciflua</i>	4
<i>Prunus serotina</i>	1
<i>Schinus molle</i>	7

50

Zona 4	
Especie	# Individuos
<i>Eucalyptus globulus</i>	3
<i>Ficus tequendamae</i>	4
<i>Fraxinus chinensis</i>	21
<i>Liquidambar styraciflua</i>	16
<i>Sambucus nigra</i>	1
<i>Schinus molle</i>	7

52

Analisis de Varianza

ANOVA

Modelos Lineales Generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

A=Zona

B=Especie

C=Entorno

Número de factores cuantitativos: 4

D=DAP

E=Altura

F=Área proyección copa

G=Distancia al bordillo

Análisis de Varianza para Cantidad de grietas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	935,936	17	55,055	7,49	0,0000
Residuo	1352,72	184	7,35173		
Total (Corr.)	2288,65	201			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Zona	298,819	3	99,6064	13,55	0,0000
Especie	395,085	9	43,8984	5,97	0,0000
Entorno	4,0607	1	4,0607	0,55	0,4583
DAP	5,0641	1	5,0641	0,69	0,4076
Altura	44,2565	1	44,2565	6,02	0,0151
Área proyección copa	3,02064	1	3,02064	0,41	0,5223
Distancia al bordillo	19,5173	1	19,5173	2,65	0,1049
Residuo	1352,72	184	7,35173		
Total (corregido)	2288,65	201			

Cuadrados Medios Esperados (CME)

Fuente	CME
Zona	(8)+Q1
Especie	(8)+7,41159(2)
Entorno	(8)+18,4782(3)
DAP	(8)+Q2
Altura	(8)+Q3
Área proyección copa	(8)+Q4
Distancia al bordillo	(8)+Q5
Residuo	(8)

Denominadores de Prueba-F

Fuente	Gl	Cuadrado Medio	Denominador
Zona	184,00	7,35173	(8)
Especie	184,00	7,35173	(8)
Entorno	184,00	7,35173	(8)
DAP	184,00	7,35173	(8)
Altura	184,00	7,35173	(8)
Área proyección copa	184,00	7,35173	(8)
Distancia al bordillo	184,00	7,35173	(8)

Componentes de Varianza

Fuente	Estimado
Especie	4,93101

Entorno	-0,178103
Residuo	7,35173

R-Cuadrada = 40,8946 por ciento
R-Cuadrada (ajustada por g.l.) = 35,4338 por ciento
Error estándar del est. = 2,71141
Error medio absoluto = 1,88987
Estadístico Durbin-Watson = 1,79172 (P=0,0696)

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	202	
CME	7,35173	
MAE	1,88987	
MAPE		
ME	-2,69092E-15	
MPE		

El StatAdvisor

Esta ventana resume los resultados de ajustar un modelo estadístico lineal general que relaciona a Cantidad de grietas con 7 factores predictivos. Dado que el valor-P en la primer tabla ANOVA para Cantidad de grietas es menor que 0,05, hay una relación estadísticamente significativa entre Cantidad de grietas y las variables predictoras con un nivel de confianza del 95,0%.

La segunda tabla ANOVA para Cantidad de grietas prueba la significancia estadística de cada factor conforme fue introducido al modelo. Nótese que el valor-P más alto es 0,5223, que corresponde a F. Dado que el valor-P es mayor o igual que 0,05, ese término no es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95,0%. Consecuentemente, debería considerar eliminar F del modelo. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 40,8946% de la variabilidad en Cantidad de grietas. El estadístico R-Cuadrada ajustada, el cual es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 35,4338%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 2,71141. Este valor puede utilizarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones seleccionando la opción de Reportes del menú de texto. El error medio absoluto (MAE) de 1,88987 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa con base en el orden en el que se presentaron en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de correlación serial en los residuos.

La salida también resume el desempeño del modelo para ajustar los datos, y para predecir cualquier valor retenido fuera del proceso de ajuste.

Se muestra:

- (1) el cuadrado medio del error (CME)
- (2) el error medio absoluto (MAE)
- (3) el porcentaje de error medio absoluto (MAPE)
- (4) el error medio (ME)
- (5) el porcentaje de error medio (MPE)

Cada uno de los estadísticos está basado en los residuos. Los primeros tres estadísticos miden la magnitud de los errores. El mejor modelo dará el valor más pequeño. Los últimos dos estadísticos miden el bias (sesgo). El mejor modelo dará un valor cercano a 0. NOTA: el MAPE y el MPE no fueron calculados debido a que el valor más pequeño en el conjunto de datos es menor o igual a 0.

Límites de confianza del 95,0% para los coeficientes estimados (Cantidad de grietas)

Parámetro	Estimado	Error		Límite Superior	V.I.F.
		Estándar	Límite Inferior		
CONSTANTE	3,98624	1,15242	1,71258	6,25989	
Zona	-1,30669	0,550809	-2,3934	-0,219975	4,20851
Zona	-1,3738	0,588182	-2,53425	-0,213349	4,79899
Zona	1,64183	0,431944	0,789624	2,49403	2,5881
Especie	7,89732	1,61909	4,70295	11,0917	8,30362
Especie	-0,488357	2,60353	-5,62498	4,64826	16,1991
Especie	-0,808962	1,98526	-4,72576	3,10784	10,6609
Especie	-0,621309	0,94339	-2,48256	1,23995	9,60612
Especie	3,68981	1,37674	0,973577	6,40604	6,00385

Especie	-1,61168	0,882193	-3,3522	0,128832	5,37063
Especie	-1,84154	0,840879	-3,50054	-0,182531	6,1178
Especie	-2,63212	2,62236	-7,80589	2,54165	16,4342
Especie	-2,17296	2,64285	-7,38715	3,04123	16,692
Entorno	0,331479	0,446016	-0,548485	1,21144	3,72503
DAP	0,00547226	0,00659341	-0,00753617	0,0184807	4,6972
Altura	0,239334	0,0975461	0,0468807	0,431787	5,40866
Área proyección copa	-0,00552594	0,00862088	-0,0225345	0,0114826	4,53421
Distancia al bordillo	-0,00613835	0,00376735	-0,0135711	0,00129443	2,60588

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95,0% para los coeficientes en el modelo. La ecuación del modelo ajustado es

Cantidad de grietas = 3,98624 - 1,30669*I1(1) - 1,3738*I1(2) + 1,64183*I1(3) + 7,89732*I2(1) - 0,488357*I2(2) - 0,808962*I2(3) - 0,621309*I2(4) + 3,68981*I2(5) - 1,61168*I2(6) - 1,84154*I2(7) - 2,63212*I2(8) - 2,17296*I2(9) + 0,331479*I3(1) + 0,00547226*DAP + 0,239334*Altura - 0,00552594*Área proyección copa - 0,00613835*Distancia al bordillo

En donde

I1(1) = 1 si Zona=1, -1 si Zona=4, 0 de lo contrario

I1(2) = 1 si Zona=2, -1 si Zona=4, 0 de lo contrario

I1(3) = 1 si Zona=3, -1 si Zona=4, 0 de lo contrario

I2(1) = 1 si Especie=Acacia dealbata, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(2) = 1 si Especie=Acacia melanoxylon, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(3) = 1 si Especie=Eucalyptus globulus, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(4) = 1 si Especie=Ficus tequendamae, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(5) = 1 si Especie=Fraxinus chinensis, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(6) = 1 si Especie=Fraxinus chinenses, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(7) = 1 si Especie=Liquidambar styraciflua, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(8) = 1 si Especie=Prunus serotina, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I2(9) = 1 si Especie=Sambucus nigra, -1 si Especie=Schinus molle, 0 de lo contrario

I3(1) = 1 si Entorno=C, -1 si Entorno=P, 0 de lo contrario

Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente. También se incluyen los factores de inflación de varianza, los cuales pueden usarse para medir la extensión con la que están correlacionadas las variables predictoras entre ellas mismas. VIF's por encima de 10, de los cuales hay 4, generalmente se considera que indican una seria multicolinealidad. Una seria multicolinealidad aumenta considerablemente la estimación del error de los coeficientes del modelo, en comparación con una muestra ortogonal.