UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"Caracterización del arbolado urbano en la parroquia de Caranqui, Ibarra, Ecuador"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autor: Kenia Nahomi Toapanta Cueva

Director: Ing. Eduardo Jaime Changa Avila, Mgs.

Ibarra - Ecuador - 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Toapanta Cueva Kenia Nahomi

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Caracterización del arbolado urbano en la parroquia de Caranqui, Ibarra, Ecuador
AUTOR (ES):	Toapanta Cueva Kenia Nahomi
FECHA:DDMMAAAA	17/06/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	■ **GRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Forestal
ASESOR / DIRECTOR:	Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs. Dr. Jorge Luis Cue Garcia, PhD.

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de junio de 2026

EL AUTOR:

Firmado electrónicamente por:
KENIA NAHOMI TOAPANTA CUEVA

(f):……
Nombre: Kenia Nahomi Toapanta Cueva

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 17 días del mes de junio de 2026

Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f): ……

Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.

C.C.: 1001579422

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular "Caracterización del arbolado urbano en la parroquia de Caranqui, Ibarra, Ecuador" elaborado por Kenia Nahomi Toapanta Cueva, previo a la obtención del título del Ingeniera Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



(f): …….

Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.

C.C.: 1001579422



(f): …….

Dr. Jorge Luis Cue Garcia, PhD.

C.C.: 175460870-9

DEDICATORIA

Esta dedicatoria lo escribo con lágrimas en los ojos, pero con mucha alegría y amor para mis queridos padres Nelson y Maria en especial a madre. Gracias por sus sacrificios silenciosos, sus desvelos, sus palabras de aliento en los momentos de duda, por creer en mi incluso cuando yo no lo hacía. Con orgullo puedo decir que este logro es tan mío como el de ustedes.

A mis hermanos Cristian y Marjury por estar siempre alentándome a que siga adelante diciendo que yo sí puedo y no dejarme sola en este camino.

A mi sobrino Emiliano que, con su llegada, me ha llenado siempre de alegrías y manteniendo muy feliz a mi corazón, dándome una motivación para seguir avanzando.

Gracias por su cariño incondicional, hoy puedo decir que hemos culminado una esta etapa más con mucha alegría.

Con mucha gratitud y cariño, Kenia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, a la Universidad Técnica del Norte, en especial a todos quienes conforman la carrera de Ingeniería Forestal, y permitieron formarme como profesional dentro de sus instalaciones; sin embargo, quedan gratos recuerdo y enseñanzas que me llevare para la vida de un profesional con ética.

A mi director, Ing. Eduardo Chagna y asesor Dr. Jorge Cue por la guía, paciencia y valiosos aportes durante todo el proceso investigativo. Sus acompañamientos han sido claves para el desarrollo de este trabajo que en un futuro será de mucha ayuda.

De igual manera, a cada uno los docentes que compartieron sus conocimientos, experiencias por estos largos cuatro años..

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio evaluó el estado fitosanitario y los riesgos de 341 árboles en la parroquia de Caranqui, ubicados principalmente a lo largo de avenidas (83.9%). Se detectó una falta de diversidad taxonómica, con un predominio de especies exóticas: Bignoniaceae (29.9%), Spathodea campanulata P. Beauv (22.7%) y Fraxinus excelsior L. (15.2%), lo que incrementa la vulnerabilidad a las plagas. Aunque los parques albergan solo el 16.1% de los individuos, concentran el 47.5% de las familias y el 41.1% de las especies.

En cuanto al estado fitosanitario, se detectaron tumores en las avenidas debido al estrés ambiental, afectando notablemente a Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit (15.3%) y Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth (12.5%); en los parques, Magnolia grandiflora L. presentó una incidencia severa (37%). Especies como Populus alba L. (26.0%) e Hesperocyparis lusitanica (Mill.) Bartel (13.0%) registraron grietas en las vías causadas por daños de raíces.

También se evidenciaron conflictos críticos con la infraestructura: Fraxinus excelsior L. mostró el mayor desequilibrio de la copa hacia las vías (26.8%) y daños por raíces superficiales (46.9%), seguido por Spathodea campanulata P. Beauv (21.9%). La interferencia con el cableado aéreo estuvo liderada por estas especies de gran porte, mientras que Melaleuca armillaris (Sol. ex Gaertn.) Sm. S e destacó por la interferencia simultánea tanto con redes eléctricas como con edificaciones, lo que revela fallas en la selección de especies y en la planificación urbana.

Palabras clave: Avenida, enfermedades, infraestructura, parques, riesgos.

ABSTRACT

This study evaluated the phytosanitary status and risks of 341 trees in the Caranqui parish, primarily located along avenues (83.9%). A lack of taxonomic diversity was detected, with a predominance of exotic species: Bignoniaceae (29.9%), Spathodea campanulata P. Beauv (22.7%), and Fraxinus excelsior L. (15.2%), which increases vulnerability to pests. Although parks host only 16.1% of the individuals, they concentrate 47.5% of the families and 41.1% of the species.

Regarding the phytosanitary status, tumors were detected on avenues due to environmental stress, notably affecting Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit (15.3%) and Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth (12.5%); in parks, Magnolia grandiflora L. presented a severe incidence (37%). Species such as Populus alba L. (26.0%) and Hesperocyparis lusitanica (Mill.) Bartel (13.0%) recorded cracks in roads caused by root damage.

Critical conflicts with infrastructure were also evidenced: Fraxinus excelsior L. showed the greatest canopy imbalance toward roads (26.8%) and damage from shallow roots (46.9%), followed by Spathodea campanulata P. Beauv (21.9%). Interference with overhead wiring was led by these large-stature species, while Melaleuca armillaris (Sol. ex Gaertn.) Sm. stood out for simultaneous interference with both electrical grids and buildings, revealing flaws in urban species selection and planning.

Keywords: Avenue, diseases, infrastructure, parks, risks.

LISTA DE SIGLAS

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

OMS. Organización Mundial de la Salud.

PDOT. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra.

ISA. International Society of Arboriculture.

GADMI. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ibarra.

MAATE. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN **16**

Problema de investigación 16

- Problemática a investigar 16
- Formulación del problema de investigación 16

Justificación 17

Objetivos 18

Objetivo generales 18

Objetivo específicos 18

Preguntas directrices 18

CAPÍTULO I **19**

MARCO TEÓRICO **19**

1.1.Arbolado urbano 19

1.2.Medidas dasométricas 20

1.2.1.Diámetro a la altura del pecho (DAP) 20

1.2.2.Altura total 20

1.2.3.Altura a la primera rama de copa 20

1.2.4.Diámetro de copa 20

1.3.Riesgo del arbolado urbano 21

1.3.1.Daño a la infraestructura 21

1.3.2.Sombeado excesivo 21

1.3.3.Inclinación del árbol 22

1.4.Riesgo del tronco 22

1.4.1.Grietas 22

1.4.2.Cavidad 22

1.4.3.Herida 23

1.4.4.Corteza perdida 23

1.4.5.Corteza muerta 23

1.4.6.Corteza incluida 23

1.4.7.Tumor o agalla 24

1.5.Riesgo de la copa 24

1.5.1.Ramas rotas 24

1.5.2.Ramas sobre extendida 25

1.5.3.Ramas muertas 25

1.5.4.Ramas con exudaciones propias de la especie 25

1.5.5.Copa desequilibrada 26

1.5.6.Poda 26

CAPÍTULO II 27

MATERIALES Y MÉTODOS 27

2.1.Tipo de investigación según los siguientes criterios: 27

2.2.Ubicación del lugar 27

2.2.1.Política 27

2.2.2.Geográficas del sitio de investigación: 28

2.2.3.Límites 29

2.3.Caracterización edafoclimática del lugar 29

2.3.1.Suelo 29

2.3.2.Clima 29

2.4.Materiales, equipos y software 29

2.5.Método, técnicas e instrumentos 30

2.5.1.Universo - población 30

2.5.2.Tamaño de la muestra 30

2.5.3.Trabajo en campo y gabinete 31

2.5.3.1.Campo 31

2.5.3.2.Gabinete 31

2.6.Operacionalización de las variables 32

2.6.1.Evaluación del estado fitosanitario 32

2.6.2.Clasificación de riesgo 33

2.7.Procesamiento y análisis de datos **34**

CAPÍTULO III **35**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN **35**

3.1.Analisis de la distribución del arbolado urbano en la parroquia. 35

3.1.1.Distribución taxonómica: familias 35

3.1.2.Distribución taxonómica: especies 36

3.2.Presencia de tumores 38

3.3.Presencia de grietas 39

3.4.Inclinación del fuste 41

3.5.Desequilibrio de la copa 42

3.6.Interferencia de las ramas con el cableado y edificaciones 44

3.7.Impacto radicular en infraestructura vial 47

CAPÍTULO IV **49**

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACION **49**

Conclusión 49

Recomendación 50

ANEXOS **63**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipos y software utilizados en el desarrollo de la investigación 30

Tabla 2. Resumen de la diversidad de las especies.....35

Tabla 3. Grado de inclinación del fuste 41

Tabla 4. Distribución de especies según el desequilibrio de la copa.....43

Tabla 5. Infraestructura arbórea en la infraestructura urbana.....45

Tabla 6. Daños de la infraestructura urbana por el sistema radicular de las especies identificadas .47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la parroquia Caranqui 28

Figura 2. Representación porcentual de las familias del arbolado urbano. 36

Figura 3. Representación porcentual de las especies en el arbolado urbano. 37

Figura 4. Especies con evidencia de tumores en avenidas y parques.....38

Figura 5. Especies con presencias de grietas en avenidas y parques.....40

Figura 6. Mediciones dasométricas de cada individuo.. 63

Figura 7. Presencia de malformaciones en el fuste de Magnolia grandiflora.....63

Figura 8. Presencia de cavidades o huecos en el fuste.....64

Figura 9. Evidencia de grietas estructurales en el fuste y rama basales. 64

Figura 10. Daño estructural en bordillos y aceras por el sistema radicular.....65

Figura 11. Interferencias del arbolado con la infraestructura aérea y el cableado.....65

Figura 12. Interfaz de la plataforma KoboToolbox se registraron los datos. 66

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

- Problemática a investigar

En la parroquia de Caranqui frente a la gestión del arbolado urbano no se ha realizado un inventario desde el año 2019, lo cual impide conocer con precisión la diversidad, estructura y estado de las especies arbóreas presentes. Esta falta de datos actualizados dificulta que las autoridades puedan planificar de forma correcta la conservación, el mantenimiento de los árboles.

Por otro lado, la introducción de especies exóticas sin una planificación adecuada, esto altera la estructura ecológica local, lo que provoca que los árboles se enfermen más fácilmente, sufran por plagas o se vuelvan más inestables y débiles ante el cambio climático.

No obstante, el desarrollo de esta investigación enfrenta ciertas restricciones operativas, asociadas principalmente a la disponibilidad de tiempo, recursos financieros, herramientas tecnológicas adecuadas y las facilidades de acceso a las distintas areas de intervención en el campo.

- Formulación del problema de investigación

En la parroquia de Caranqui no se dispone de un inventario actualizado desde el año 2019, que refleje la características del arbolado urbano, lo que dificulta una adecuada gestión.

Justificación

La presente investigación se sustenta en la Norma Técnica Nacional para la Conservación, Uso y Manejo de los Árboles en Zonas Urbanas, emitida por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2021), la cual establece directrices obligatorias para los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) municipales y metropolitanos. Con el objetivo de garantizar un manejo apropiado, seguro y sustentable del recurso arbóreo, esta normativa demanda que se realice un inventario del arbolado urbano de manera periódica para mantener la información actualizada.

La utilidad práctica de ejecutar este inventario radica en que proporcionará la base técnica necesaria para la caracterización del arbolado urbano, permitiendo la identificación de las especies, géneros y familias más predominantes, ya sean nativas o exóticas, así como la evaluación de la condición fitosanitaria de los árboles para prevenir futuros riesgos urbanos.

Los habitantes de la parroquia de Caranqui y los técnicos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra, serán los principales beneficiarios de esta investigación. De igual manera, el estudio impactará positivamente en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal, profesional del área y su respectivo colegio gremial, quienes tendrán acceso a información confiable y actualizada que les permitirá tomar decisiones apropiadas en el manejo del arbolado urbano.

Finalmente, este estudio tiene como finalidad aportar conocimientos técnicos y científicos, los cuales servirán como base fundamental para que las entidades competentes

puedan desarrollar estrategias de gestión más efectivas sobre las especies arbóreas presentes en la parroquia de Caranqui.

Objetivos

Objetivo generales

Caracterizar el arbolado urbano en la parroquia de Caranqui a partir del análisis del estado fitosanitario y la identificación de riesgos, con fines de diagnóstico y manejo técnico.

Objetivo específicos

- Evaluar el estado fitosanitario del arbolado urbano.
- Identificar los riesgos del arbolado urbano.

Preguntas directrices

¿Cuál es el estado fitosanitario del arbolado urbano?

¿Cuál es el riesgos del arbolado urbano ?

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.Arbolado urbano

El término "*arbolado urbano"* es emplear el uso de los árboles en las ciudades, en general se dice que no tiene un usos productivo con fines económicos y dando por hecho que sus aplicaciones son ornamentales para embellecer la ciudades, sin embargo; los árboles reportan otros beneficios sociales y ambientes. ubicados en calles, parques y espacios público para mejorar la calidad de vida (Calaza e Iglesias, 2016). Como señala Salazar et al. (2019), es clave para reducir el calor, limpiar el aire y embellecer el entorno. Según Escobedo et al. (2019) añaden que estos árboles son aliados contra el cambio climático, ya que absorben CO_2 y mitigan inundaciones.

Además, Chen et al. (2020) destacan su impacto en la salud mental, demostrando que entorno urbanos con más árboles reducen el estrés y aumentan el bienestar social. Se puede decir que es un "censo verde" de los árboles de una ciudad como: la especie, el tamaño, su edad, y las condiciones de salud. Por ello, Alonzo et al. (2015) explican que hoy en día se utiliza drones y sensores para hacer estos inventarios con precisión. Mientras, Roman et al. (2020) proponen métodos estandarizados para que los datos sean comparables ente ciudades. En México, García et al. (2023) desarrolló una guía práctica para caracterizar el arbolado, demostrando que no solo es contar árboles, sino entender como contribuyen a la ciudad.

1.2.Medidas dasométricas

1.2.1.Diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro a la altura del pecho, se define como la medida del diámetro del tronco de un árbol calculada a una altura estándar y fija de 1.30 metros sobre el nivel del suelo (Imaña-Encimas, 2021).

1.2.2.Altura total

La altura total de un árbol es la distancia vertical perpendicular desde el nivel del suelo hasta la yema apical o la punta más alta de la copa (Avery y Burkhart, 2015). Para que la medida sea exacta, esta no debe seguir la inclinación del fuste (Prodan et al., 1997), y requiere establecer cuidadosamente el nivel base cuando existen irregularidades en el terreno. (Rondeux, 2010).

1.2.3.Altura a la primera rama

La altura a la primera rama (también es conocida como altura de fuste limpio), es la distancia vertical medida desde la base del árbol en el nivel del suelo hasta el punto de inserción anatómica de la primera rama vida o bifurcación principal de la copa (Avery y Burkhart, 2015).

1.2.4.Diámetro de copa

El diámetro de copa es la extensión horizontal máximo del follaje de un árbol. Esta medida representa un rasgo bilógico calve para la intercepción de luz (Poorter, 2020), como una métrica estructural que delimita la ocupación espaciales del árbol en su entorno (Alonzo et al., 2015).

1.3.Riesgo del arbolado urbano

Es la probabilidad de que un árbol con defectos estructurales colapse e imparte un blanco (persona o infraestructura), combinada con la gravedad del daño resultante (Dunster et al., 2013). En pocas palabras, es el nivel el peligro que surgen cuando un árbol dañado está ubicado en un lugar transitado (Matheny y Clark, 1994), lo que puede provocar accidentes o pérdidas materiales en la ciudad. (Pokorny,2003).

1.3.1.Daño a la infraestructura

El daño a la infraestructura es el deterioro físico del entorno construido provocado por el desarrollo y la biomecánica del árbol. Este fenómeno comprende los daños directos causados por el crecimiento radicular que levanta aceras o redes subterráneas (Shi et al., 2023), y los daños indirectos generados cuando las fallas estructurales del espécimen provocan la caída de ramas o troncos sobre el cableado, edificaciones y vías de tránsito (Kabir et al., 2018; Duval et al., 2025).

1.3.2.Sombeado excesivo

El sombreado excesivo es la intercepción desproporcionada de la radiación solar provocada por la densidad, volumen o localización inadecuada de la copa de uno o varios árboles sobre un espacio determinado, que genera problemas microclimáticos al limitar el soleado necesario en fachadas y viviendas (Ramilo et al., 2025; Montoya-Reyes et al., 2024). Asimismo, este fenómeno altera negativamente la dinámica fotosintética de otras coberturas vegetales inferiores dependiendo de luz (Santamarta, 2024).

1.3.3.Inclinación del árbol

Es un fenómeno influenciado por factores naturales y antropogénicos Jackson et al. (2022). Esta puede ser una respuesta adaptativa al viento o pendientes. Sin embargo, cuando supera los 10°-15° como señala Calaza e Iglesias, (2016) indica riesgos del volcamiento, especialmente si hay raíces dañadas o suelos inestables, agrega que no todas las inclinaciones son peligrosas: algunas especies, como robles y pinos, toleran hasta 20° gracias a su flexibilidad biomecánica.

1.4.Riesgo del tronco

1.4.1.Grietas

Las grietas en los árboles son como herida abiertas que aparecen por el estrés del crecimiento o cambio brusco de temperatura. Según Schindler et al. (2020), estas fisuras pueden debilitar al árbol y volverse vulnerable a plagas, mientras que Mattheck y Breloer, (2018) explican que su dirección puede ser tangencial o radial, revela cómo el árbol ha lidiado con las tensiones internas.

1.4.2.Cavidad

Para entender mejor una cavidad hace referencia a un hueco en el tronco, no siempre significa que el árbol este muerto; por lo tanto, Larsson et al. (2019) destacan que estas cavidades son refugios vitales para los pájaros e insectos. Sin embargo, Ranius et al. (2021) advierten que, si la descomposición avanzada demasiado, el árbol podría perder estabilidad.

1.4.3.Herida

Cuando un árbol sufre un corte o golpe, se podría decir su “sangrado” no es en vano; Schwarze et al. (2020) describe cómo intenta sellar la herida para evitar infecciones, aunque Shigo, (2017) recuerdan que, si el daño es grande, el árbol solo podrá aislarlo, no curarlo por completo.

1.4.4.Corteza perdida

Es la perdida de la “piel” del árbol; Romero et al. (2020) vinculan esto a tormentas o incendios, mientras Gartner et al. (2018) subrayan que, sin corteza, el árbol queda expuesto a hongos y bacterias como un paciente sin vendas

1.4.5.Corteza muerta

En ciertas ocasiones, la corteza se seca y se adhiere como una costra sin vida. Según Goheen y Frankel, (2019) la asocian a enfermedades como *Phytophtor*. Por ello, Brazee y Burcham, (2023) señalan que es una señal silenciosa de que el árbol podría estar decayendo por dentro.

1.4.6.Corteza incluida

Son protuberancias redondeadas que vemos en la madera y aunque, pueden darles carácter, en realidad son cicatrices de ramas que alguna vez vivieron. Se forman cuando una rama muere y el tronco sigue creciendo a su alrededor, envolviéndose lentamente en capas de tejido nuevo (Shmulsk y Jones, 2019). Los nudos crean puntos débiles que pueden romperse con facilidad (Dávalos-Sotelo y Ordóñez-Candelaria, 2011). Se entiende que,

aunque sea una parte natural esto puede cambiar, dependiendo se ha realizado una mala gestión en la poda (Danilović et al., 2022).

1.4.7.Tumor o agalla

Surgen en las hojas, ramas o raíces, en su mayoría provocados por invasores microscópicos. Los tumores causados por bacterias, es un "hackeo" genético, donde la *Agrobacteriumm tumefaciens* manipulando las hormonas de la planta para forzar un crecimiento descontrolado (Gillner et al., 2015). Aunque muchas agallas no matan al árbol, son una muestra fascinantes de cómo la naturaleza juega con las formas y las adaptaciones. Un ejemplo, el roble tiene agallas causadas por las avistas que inyectan sustancias químicas para engañar a la planta y hacerle crear un refugio nutritivo para sus crías (Serrano-Muñoz et al., 2022).

1.5.Riesgo de la copa

1.5.1.Ramas rotas

Las ramas rotas representan un riesgo para la seguridad e las personas y la infraestructura, ya que pueden caer inesperadamente debido a tormentas, vientos fuertes o falta de mantenimiento (Lin et al., 2019). Por ende, es esencial realizar podas preventivas que fortalezcan la estructura del árbol, eliminando ramas débiles o con defectos mecánicos (Purcell, 2015). Una buena gestión del arbolado no solo evita accidentes, sino que también prolonga la vida de los árboles, manteniendo su valor ecológico y estético en la ciudad.

1.5.2.Ramas sobre extendida

Las ramas crecen de una manera descontrolada hacia las calles, avenidas, cables o edificios, generando conflictos y aumentando el riesgo de roturas (Shimada, 2023). Realizar una poda temprana y bien planificada ayuda a guiar el crecimiento del árbol, evitando daños a su entorno y asegurando una estructura más equilibrada (Mullaney, 2015). Este cuidado no solo protege la infraestructura, sino que también garantizar que el árbol se desarrolle de manera saludable y segura para la comunidad.

1.5.3.Ramas muertas

Son riesgo de estrés, enfermedad o envejecimiento del árbol y puede caer en cualquier momento, poniendo en peligro a transeúntes y vehículos (Tórrez, 2010). Su remoción mediante podas sanitarias es fundamental para prevenir accidentes y evitar que plagas o patógenos se propaguen a otras partes del árbol (Bordenave, 2013). Mantener los árboles libres de ramas secas no solo mejora su salud, sino que también contribuye a un entorno urbano más seguro y agradable

1.5.4.Ramas con exudaciones propias de la especie

Algunos árboles producen exudaciones de goma de manera natural (Vozzo, 2005). Sin embargo, es importante diferenciar entre estas secreciones fisiológicas y aquellas causadas por estrés o daño mecánico, ayudando a detectar una alerta temprana de problemas más graves (Camacho-Escobar et al., 2020). Conocer las características de cada especie ayuda a tomar decisiones adecuadas en su manejo y cuidado.

1.5.5.Copa desequilibrada

Ocurre cuando el árbol crece más hacia un lado, ya sea por los vientos dominantes, podas mal realizadas o dañas en sus ramas, aumenta el riesgo de caída de los árboles (Klein et al., 2019). Estos incidentes amenazan la estabilidad del árbol, sino también la seguridad de las personas y bienes cercanos (Romolini et al., 2019). Realizar una buena gestión desde que las plantas con jóvenes son esencial para mantener árboles fuertes , estables y seguros en el entorno urbano.

1.5.6.Poda

La poda en otros términos podemos decir que es una cirugía arbórea, ya que se cortan las ramas estratégicamente para, mantenerlo sano, seguro y en armonía con su entorno. (Koeser et al., 2020) comparan técnicas y llegan a una conclusión que una poda bien hecha alarga la vida del árbol, mientras que Vázquez et al. (2021) advierten que podar mal puede debilitarlo, dejando heridas abiertas a plagas o enfermedades. No es solo cortar por corta, sino sabes cuando , como y porqué hacer esta práctica.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.Tipo de investigación según los siguientes criterios:

La investigación adopto un enfoque cuantitativo, basándose en la recolección y análisis de datos medibles permitió identificar patrones y relaciones objetivas entre las variables dendrométrica y florísticas del arbolado. Con una finalidad aplicada, orientada a generar conocimientos prácticos y contextualizados conociendo en detalle del arbolado urbano, y aspirando a convertirse en una herramienta útil para autoridades municipales, técnicos ambientales y actores sociales interesados. El alcance describió las características del arbolado urbano y el establecimiento de las relaciones con la biodiversidad. Se trabajo bajo un diseño no experimental, se basó en la observación directa y el registro de variables dasométricas, la identificación taxonómica de las especies arbóreas presentes. La recolección de datos se lo realizó en un momento determinado del tiempo, lo que permitió describir las características del arbolado urbano**.** Este trabajo de campo in situ facilitó observar las condiciones ecológicas y la distribución del arbolado, aportando información valiosa para la gestión ambiental y la planificación urbana.

2.2.Ubicación del lugar

2.2.1.Política

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

Parroquia: Caranqui

Sector: Avenidas y parques

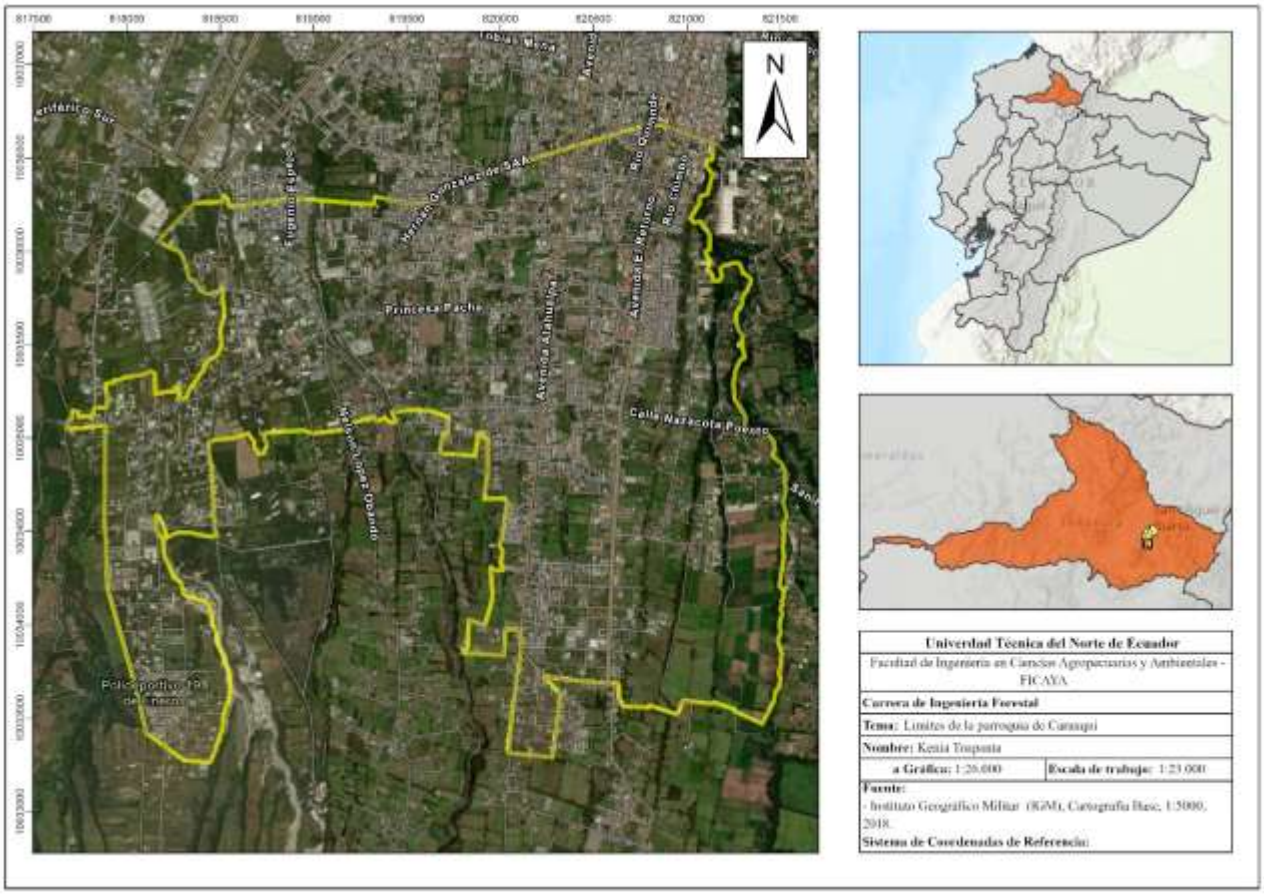
2.2.2. Geográficas del sitio de investigación:

Coordenadas: 0°19’23” N

78°7’25’’ W

Figura 1.

Localización geográfica de la parroquia Caranqui



2.2.3.Límites

La parroquia de Caranqui tiene los siguientes límites de acuerdo con (Lozano, 2023).

- **Norte:** Con la parroquia urbana de San Francisco.
- **Sur:** Con la parroquia rural de la Esperanza.
- **Este:** Con la parroquia rural de la Esperanza.
- **Oeste:** Con la parroquia urbana Alpachaca.

2.3.Caracterización edafoclimática del lugar

2.3.1.Suelo

La parroquia de Caranqui, posee predominantemente de un suelo de tipo Inceptisol (suborden Andepts), formados por la meteorización de materiales de origen volcánico, presentando una tonalidad pardo-amarillentas y por ende es medianamente un suelo a compacto. (Carrasco et al., 2021).

2.3.2.Clima

Su clima de la parroquia Caranqui, es considerado templado, con una temperatura promedio aproximada de 18°C. La precipitación tiene una duración de 27 días de lluvia, presenta un promedio anual de 800 milímetros al año (Carrasco et al., 2021).

2.4.Materiales, equipos y software

Para desarrollar el proyecto de investigación, fue necesario emplear varias herramientas y equipos que facilitaron la recopilación datos (Tabla 1).

Tabla 1.

Materiales, equipos y software utilizados en el desarrollo de la investigación

Materiales de campo	Equipos	Software
Cinta métrica	Dispositivo móvil	KoboToolbox
Cuchilla de mano	Laptop	Paquete de Microsoft
Metro		KoboCollect
Binoculares		ArcGis Pro

2.5.Método, técnicas e instrumentos

El presente estudio se llevó a cabo en la parroquia de Caranqui, la cual tiene un área de aproximadamente 19.580 hectáreas. (Lozano, 2023).

2.5.1.Universo - población

El universo de la investigación corresponde a toda el área urbana de la parroquia de Caranqui, donde se encuentre la presencia de árboles.

2.5.2.Tamaño de la muestra

MUESTREO

Avenidas: Dentro de la parroquia existen 4 avenidas y se tomó las 4 lo que significa que es el 100%, por el hecho de tener movilidad tanto vehicular como peatonal y existen individuos de gran follaje y estructural, lo que dificulta la visión.

- Av. El Retornos
- Av. Atahualpa

- Av. Jose Espinoza de Los Monteros
- Av. Rio Aguarico

Parques: La parroquia tiene 2 polideportivos y 6 parques. Se hizo el levantamiento un total de 4, lo que significa que es el 50%, donde las personas realizan sus actividades deportivas o turísticas y de igual manera existen especies de gran tamaño que brindan sombran.

- Parque de Caranqui
- Parque lineal
- Museo Arqueológico y Etnográfico Atahualpa
- Polideportivo La Calendaría

2.5.3.Trabajo en campo y gabinete

2.5.3.1.Campo

Se realizó la caracterización de la parroquia de Caranqui del sitio mediante y un muestreo completo de las especies arbóreas existente en las avenidas, parques y el levantamiento de puntos GPS de cada uno de los árboles

2.5.3.2.Gabinete

Se identificó las especies, y se sistematizo los datos de los parámetros dasométricos mediante pruebas no paramétricas.

2.6.Operacionalización de las variables

Se empleó una metodología de evaluación de estado fitosanitario y riesgo arborícola, adaptada de la norma ISA (International Society of Arboriculture) o metodologías locales.

2.6.1.Evaluación del estado fitosanitario

Para el objetivo uno:

Se evaluó el estado fitosanitario de los árboles mediante la identificación de plagas, enfermedades, daños mecánicos y condiciones fisiológicas.

En la determinación del estado fitosanitario se realizó un inventario de acuerdo con la muestra establecida de los sitios como avenidas y parques

Se aplicó una ficha de campo que incluyo las siguientes variables:

- **Especie botánica** (nombre científico y común)
- **Diámetro a la altura del pecho (DAP):** medido con cinta diamétrica a 1.30 m del suelo.
- **Altura total:** estimada con clinómetro o mediante método visual apoyado con referencias estándar.
- **Ubicación geográfica:** usando coordenadas GPS o referencias de calles y sectores.
- **Tipo de espacio:** calle, parque, vereda, parterre, etc.

Se utilizó una ficha técnica fitosanitaria donde se registró:

- **Plagas visibles** (insectos, galerías, excrementos, perforaciones).
- **Enfermedades** (presencia de hongos, manchas, cancros, pudriciones).

- **Daños mecánicos** (heridas por poda, impacto físico, deformaciones).
- **Condiciones fisiológicas:** marchitez, clorosis, defoliación, estrés hídrico.

Los datos se clasificaron según el grado de afectación:

- **Leve:** afectaciones mínimas, sin impactos significativos.
- **Moderado:** afectaciones intermedias, con impactos controlables.
- **Severo:** afectaciones graves, con daños serios que requiere atención inmediata.

2.6.2.Clasificación de riesgo

Para el segundo objetivo:

Se clasificaron los niveles de riesgo asociados al arbolado urbano de los espacios públicos como avenidas y parques, de la parroquia de Caranqui

Se empleó una metodología de evaluación de riesgo arborícola, adaptada de la norma ISA (International Society of Arboriculture) o metodologías locales. Las variables por observar serán:

- **Inclinación del fuste:** se observó si el tronco presentaba una inclinado anormal, lo que puede indicar un riesgo potencial de inestabilidad, considerando.
    - **Normal:** 90°
    - **Inclinado:** 75°
    - **Riesgo de caída:** 45°
- **Raíces expuestas o levantamiento de aceras:** se identificaron raíces visibles o que deforman el pavimento, ya que pueden comprometer la estabilidad del árbol y generar daños en infraestructuras.

- **Existencias de cavidades o pudriciones:** se detectaron zonas con huecos, podridas que vulneran la estabilidad del individuo.
- **Ramas muertas o rotas:** se examinó ramas muertas o rotas con alta probabilidad del riesgo de caída.
- **Interferencias con la infraestructura:** se analizó la proximidad a casas, aceras y servicios públicos (redes eléctricas y luminarias), para valorar el riesgo.

Cada árbol fue clasificado en un nivel de riesgo:

- **Bajo riesgo:** daños pequeños, que fueron fáciles de reparar y no afectaron a las personas.
- **Riesgo moderado:** ocasionó daños leves a propiedades y pequeñas molestias en el tránsito o servicios de comunicación.
- **Alto riesgo:** provoco daño moderado a bienes valiosos y posibles afectaciones a personas.
- **Riesgo crítico:** genero daño severo a personas (incluso muerte), pérdida económica alta e interrupción total de actividades.

2.7.Procesamiento y análisis de datos

La aplicación KoboCollect es un programa permitió recolectar datos y coordenadas GPS del campo, en donde se insertó una ficha para el levantamiento de la información en el área de estudio, la aplicación es para celulares, sin necesidad de conectarse a internet. Posteriormente, la plataforma KoboToolbox se encarga de organizar, estudiar y guardar toda la información que se recogió con el dispositivo móvil. Los datos se descargaron para su procesamiento, utilizando el programas de Microsoft (Excel).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.Análisis de la distribución del arbolado urbano en la parroquia.

Se realizó el inventario, donde se registraron 341 árboles medidos con un CAP mayor a > 31.46 con equivalentes a 10 cm, levantados en avenidas y parques urbanos (Tabla 2).

Tabla 2.

Riqueza taxonómica y abundancia del arbolado según el tipo de espacio público.

Espacio público	Familias	Géneros	Especie	Individuos
Avenida	18	25	27	286
Parques	15	18	19	55

Nota. Se evidencias la riqueza taxonómica en los espacios públicos (2026).

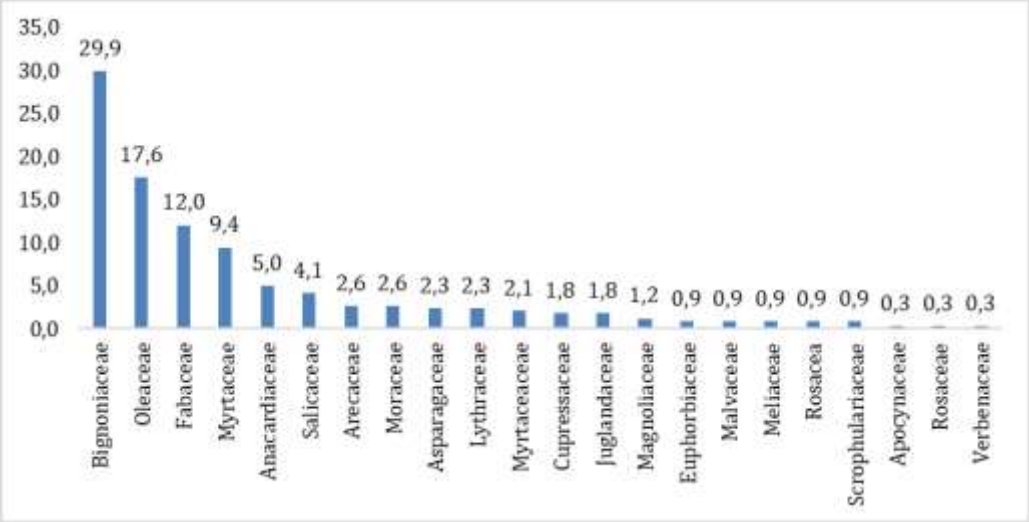
Dentro de la avenida se registró el mayor porcentaje de individuos, en la avenida dando un total de 83.9%, al contrario de los parques se puede apreciar 16.1%,

3.1.1.Distribución taxonómica: familias

A partir del análisis, se observa que las avenidas y parques, está representada por diversas familias, donde se destaca ampliamente en la siguiente (Figura 2).

Figura 2.

Representación porcentual de las familias del arbolado urbano.



Nota. Distribución porcentual de las familias en el arbolado urbano. Fuente: Elaboración propia (2026).

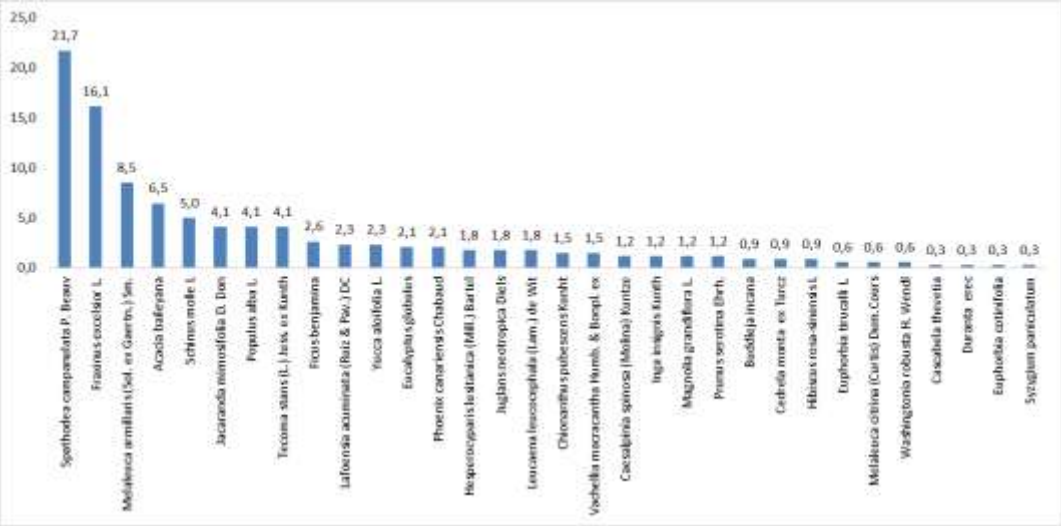
La familia con mayor abundancia fue Bignoniaceae con 29.9% seguido de Oleaceae con 17.6% y Fabaceae con 12%, las familias con mejor abundancia; existe un rango medio en donde se encuentran las siguientes familias Asparagaceae, Lythraceae con 2.3%, junto a Cupressaceae, Juglandaceae con 1.8%. al contrario, familias como Apocynaceae, Rosaceae y Verbenaceae aparecen con 0.3%.

3.1.2.Distribución taxonómica: especies

Las especies que abunda más son *Spathodea campanulata* P. Beauv con 21.7%, seguida por *Fraxinus excelsior* L. con 16.1% y *Melalueca armillaris* (Sol. ex Gaertn.) Sm con 8.5% (Figura 3).

Figura 3.

Representación porcentual de las especies en el arbolado urbano.



Nota. Distribución porcentual de las especies en el arbolado urbano. Fuente: Elaboración propia (2026).

El análisis demuestra que las especies con menor abundancia es *Cascabela thevetia, Duranta erecta, Euphorbia cotinifolia* y *Syzygium paniculatum* aparecen con 0.3%.

A nivel dasonómico, la marcada dominancia de las familias Bignoniaceae (29.9%) y especies exóticas como *Spathodea campanulata* P. Beauv (22.7%) y *Fraxinus excelsior* L. (15.2%) revela que no hay variedad de diversidad arbórea quedando expuesta a plagas y enfermedades. Según Macías-Sarria et al. (2024), esta uniformidad proviene de la tendencia histórica a seleccionar plantas por sus apariencias o según la oferta de los viveros locales. La situación empeora al analizar la distribución del espacio: las avenidas concentran la mayoría de los individuos (83.9%), pero presentan una baja diversidad de especies. Según Loja y Valdivieso (2021), esto se debe al intenso impacto humano y a la falta de suelo en estas zonas lineales. Por otro lado, los parques constituyen auténticos refugios de biodiversidad: aunque concentran apenas el 16.1% del arbolado total, albergan el 47.5% de las familias y el 41.1% de las especies. Por ende, Cevallos y Mendoza (2022) señalan que esto sucede porque el

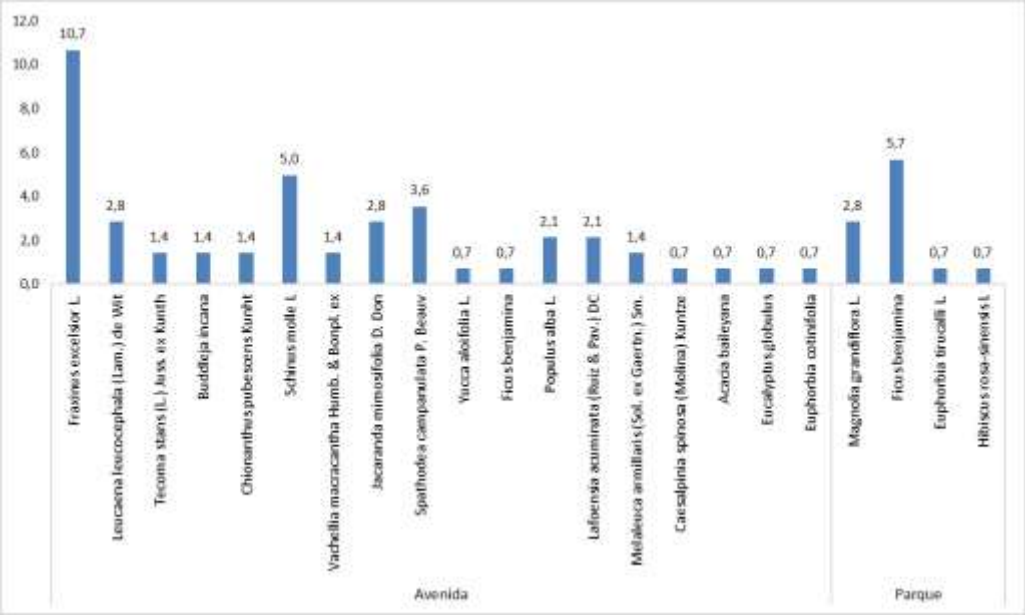
suelo continuo y el clima favorable de estos espacios extensos favorecen un mejor desarrollo de la naturaleza. Finalmente, el hecho de que familias como Apocynaceae, Rosaceae y Verbenaceae apenas representan el 0.3%, esto indica que se ha ignorado casi por completo de las especies nativas. Según Rodrigez y Martínez (2023), desestabiliza el ambiental y reduce la capacidad del bosque urbano para protegernos y brindar servicios en el futuro.

3.2.Presencia de tumores

Se evidenció que la presencia de grietas predomina *Fraxinus excelsior* L., *Schinus molle* L. *y Ficus benjamina*, a continuación (Figura 4).

Figura 4.

Especies con evidencia de tumores en avenidas y parques



Nota. Se evidenció las especies que presentaron tumores en las avenidas y parques. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tras el análisis de los resultados, se determinó que la presencia de tumores tuvo mayor presencia en las avenidas, considerándose específicamente desde el diámetro a la altura del

pecho (DAP) hasta la primera rama viva. En la cual, se determinó una mayor presencia de tumores en *Fraxinus excelsior* L. con 10.7%, y *Schinus molle* L. con 5%. Por otro lado, en los parques se destaca *Ficus benjamina* con 5.7% y *Magnolia grandiflora* L. con 2.8%.

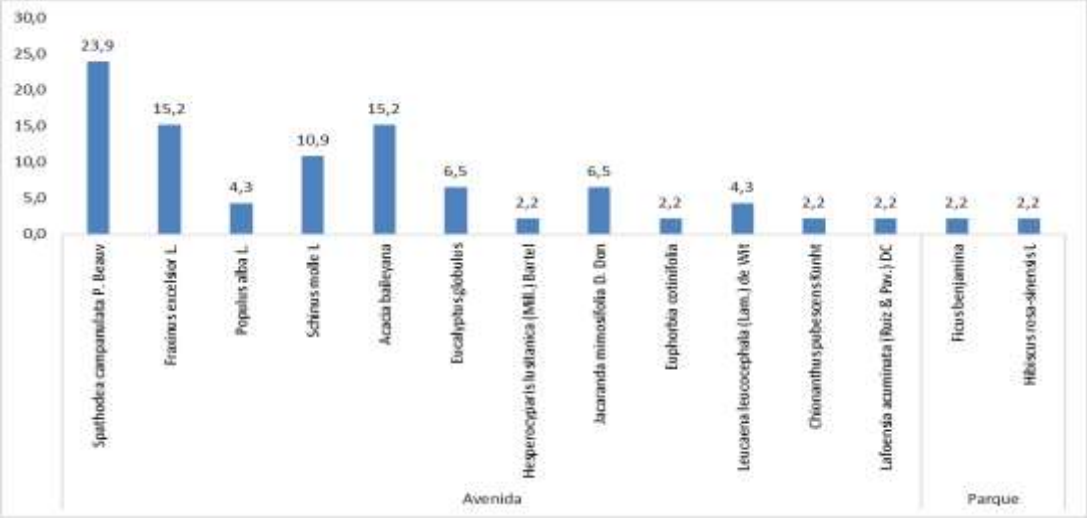
Los resultados esta investigación revela una clara diferencia fitosanitaria en el arbolado urbano. En las avenidas se observa una mayor diversidad de especies con tumores en el fuste, destacando *Fraxinus excelsior* L. con 10.7%, y *Schinus molle* L. con 5%, mientras que en los parques *Ficus benjamina* con 5.7% y *Magnolia grandiflora* L. con 2.8%. Esta mayor afecciones en las vías públicas coincide con lo señalado por (Carbonnel et al., 2017; Fernández et al., 2026), quienes sostienen que el arbolado de alienación vial está sometida a un intenso entrés de su entorno. Al contrario, los parques son entornos aparentemente menos hostiles, pero requieren un manejo técnico diferenciado (Alfaro-Rojas, 2020). No obstante, desde la perspectiva de la biomecánica y la gestión de riesgo, según Colán de la Vega et al. (2019) el árbol tiene a generar madera de reacción para preservar su estabilidad interna. En consecuencia, los porcentajes de incidencia reportados respaldan la implementación de un monitoreo visual y tomográfico continuo, estos datos descartan la remisión anticipada de los individuos evaluados.

3.3.Presencia de grietas

Se evidenció que la presencia de grietas predomina *Populus alba* L. y *Hesperocyparis lusitanica* (Mill.) Bartel, a continuación (Figura 5).

Figura 5.

Especies con presencias de grietas en avenidas y parques.



Nota. Se evidenció las especies que presentaron grietas en las avenidas y parques. Fuente: Elaboración propia (2026).

El análisis muestra que las especies con mayor presencia de grietas en las avenidas tenemos a *Spathodea campanulata* P. Beauv con 23.9%, *Fraxinus excelsior* L. y *Acacia baileyana* presentan 15.2% grietas, seguida por *Hesperocyparis lusitanica (*Mill.) Bartel con 13% y en los parques tenemos a *Ficus benjamina* y *Hibiscus rosa-sinensis* L. con 2.2%.

La aparición de grietas en árboles de avenidas demuestra daños graves ocasionado por el entorno vial. Donde *Spathodea campanulata* P. Beauv con 23.9%, *Fraxinus excelsior* L. y *Acacia baileyana* presentan 15.2%, se debe al estrés por restricción radicular, vientos encauzados, compactación del suelo y desequilibrio hídrico (Pérez-Miranda et al., 2018; Hernández-López et al., 2024). En cambio, en los parques urbanos, especies como *Ficus benjamina* e *Hibiscus rosa-sinensis* presentan el 2.2% teniendo mínimas grietas, debido a que crecen en una superficie blanda y permeable que mitiga el daño (Merino el at., 2023). Estos defectos estructurales elevan el riesgo de caída, por lo que el arbolado vial requiere

prioridad en la gestión de riesgos, mediante monitoreos y evaluación visual y fotográfico para garantizar la seguridad (Callow et al., 2018).

3.4.Inclinación del fuste

De acuerdo con los grados de inclinación, se evidencia que la estructura del arbolado es mayoritariamente estable. No obstante, se identifica casos específicos con inclinación critica que requiere atención inmediata para evitar accidentes (Tabla 3).

Tabla 3.

Grado de inclinación del fuste

Inclinación	Especie	N° Individuos	Clase diamétrica			Espacio público	
			10 - 30	30 - 60	> 60	A	P
> 30° Inclinación critica	*Jacaranda mimosifolia* D. Don	14		1		x	
	Schinus molle L.	17	1	1		x	
	Vachellia macracantha Humb. & Bonpl. ex	5			1	x	
20° - 30° Inclinación alta	*Chionanthus pubescens* Kunht	5	1			x	
	Fraxinus excelsior L.	55	1	1		x	
	Hibiscus rosa-sinensis L.	3	1				x
	Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	6			1	x	
	Melaleuca armillaris (Sol. ex Gaertn.) Sm.	29	1				x
10° - 20° Inclinación moderada	*Spathodea campanulata* P. Beauv	74	7			x	
	Populus alba L.	14	5	1	1	x	
	Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	14	7			x	
0° - 10° Inclinación mínima	*Yucca aloifolia* L.	8	8			x	
	Phoenix canariensis Chabaud	7		1	6	x	x
	Hesperocyparis lusitanica (Mill.) Bartel	6	4	2		x	

Nota. Grado de inclinación de especies en los espacio público A (avenida); P (parque) (2026).

Los datos presentados en la tabla muestran que la probabilidad de que un árbol se caiga no solo depende del diámetro del tronco y el tamaño de la copa. La especie *Jacaranda mimosifolia* D. Don*, Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex*, Schinus molle* L. y

Fraxinus excelsior L., son preocupantes ya que su inclinación es muy pronunciada y mayor volumen foliar. Por otro lado, las demás especies manifiestan que la vulnerabilidad al colapso es transversal ya que se muestran tanto en individuos juveniles como adultos.

En este estudio, se observó una inclinación critica del fuste en *Jacaranda mimosifolia* D. Don*, Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex *y Schinus molle* L.*,* lo que provoca un desplazamiento del centro de gravedad. Cuando este desbalance se combina con un elevado volumen foliar, incrementa el momento de carga sobre el sistema radicular, aumenta la probabilidad de vuelco (Calaza e Iglesias, 2016). Al contrastar, este resultado, se confirma que la vulnerabilidad al colapso es independiente del estado de madurez del árbol, coincidiendo con lo señalado por Saavedra-Romero et al. (2019), advierten que los defectos estructurales pueden manifestarse desde etapas juveniles. Aunque, suele asociar el riesgo de caída con árboles de gran porte, esta investigación demuestra que la inclinación pronunciada del fuste contribuye un indicador prioritario de inestabilidad física, que debe ser incorporado de manera central en los planes de gestión y mitigación de riesgos urbanos (Hernández-López et al., 2024; Pérez-Miranda et al., 2018).

3.5.Desequilibrio de la copa

Se observa que la mayoría de los individuos no presentan desequilibrio, destacado la especie *Spathodea campanulata* D. Don con la mayor frecuencia registrada (Tabla 4).

Tabla 4.

Distribución de especies según el desequilibrio de la copa

Desequilibrio de la copa	Especies	N° individuo	Espacio público		%
			A	P	
Hacia la vía	*Fraxinus excelsior* L.	21	x		26,6
	Spathodea campanulata P. Beauv	7	x		8,9
	Jacaranda mimosifolia D. Don	5	x		6,3
	Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	4	x		5,1
	Melaleuca armillaris (Sol. ex Gaertn.) Sm.	4	x	x	5,1
	Hibiscus rosa-sinensis L	3	x	x	3,8
	Magnolia grandiflora L.	3		x	3,8
	Schinus molle L	3	x		3,8
	Eucalyptus globulus	2	x		2,5
	Lafoensia acuminata (Ruiz & Pav.) DC	2	x		2,5
	Populus alba L.	2	x		2,5
	Ficus benjamina	1		x	1,3
	Prunus serotina Ehrh.	1	x		1,3
Hacia las edificaciones	*Melaleuca armillaris* (Sol. ex Gaertn.) Sm.	3	x		3,8
	Eucalyptus globulus	1	x		1,3
	Vachellia macracantha Humb. & Bonpl. ex	1	x		1,3
Hacia otros árboles	*Fraxinus excelsior* L.	4	x		5,1
	Schinus molle L	3	x		3,8
	Populus alba L.	2	x		2,5
	Duranta erec	1		x	1,3
	Lafoensia acuminata (Ruiz & Pav.) DC	1	x		1,3
	Melaleuca armillaris (Sol. ex Gaertn.) Sm.	1		x	1,3

Nota. Desequilibrio de la copa en los espacio público A (avenida); P (parque) (2016).

En el desequilibrio de la copa, destaco la especie *Fraxinus excelsior* L. con 26.6% de los individuos que presentaron inclinaciones hacia a la vía. Por el contrario, las afectaciones hacia edificaciones es la especie *Melaleuca armillaris* (Sol. ex Gaertn.) Sm con 3.8%.

finalmente, hacia otros árboles son mínimas y nuevamente tenemos a la especies *Fraxinus excelsior* L con 5.1% .

En la característica del arbolado urbano, el desequilibrio de la copa se revelo como un indicador crítico del riesgo y la necesidad de mejor. En este estudio *Fraxinus excelsior* L. presentó la mayor proporción de inclinación dirigida hacia las vías (26.6%), lo que sugiere factores combinados como podas asimétricas, competencia por luz y efecto del viento que favorecen la formación de masa aéreas desbalanceadas. Según Marinez y Coelho-Durate (2023), esta asimetría no es casualidad, sino podas mal ejecutada e infraestructura que invade su espacio vital, debilitando su estructura natural. Mientras tanto que *Melaleuca armillaris* (Sol. ex Gaertn.) Sm, mostró una mayor incidencia de afectación hacia edificaciones (3.8%), lo que respalda Calaza e Iglesias (2016) sobre como cada especie compite a su manera con el entorno; por lo tanto, se recomienda inspecciones las copas de los árboles y revisar los criterios de plantaciones próximo a edificaciones para reducir futuros conflictos y riesgo urbano.

3.6.Interferencia de las ramas con el cableado y edificaciones

La interferencia se divide en tres tipos: con el cableado, que es el mayor problema para la mayoría de las especies; con las edificaciones, muestran poca interferencia, y de forma simultánea, que es muy baja, destacando *Melaleuca armillaris* (Sol. ex Gaertn.) Sm con un 9% (Tabla 5).

Tabla 5.

Infraestructura arbórea en la infraestructura urbana

Interferencias de ramas	Especies	N° individuos	Espacio público		%
			A	P	
Con el cableado	*Fraxinus excelsior* L.	13	x		13,3
	Jacaranda mimosifolia D. Don	8	x		8,2
	Spathodea campanulata P. Beauv	8	x		8,2
	Yucca aloifolia L.	7	x		7,1
	Acacia baileyana	6	x		6,1
	Eucalyptus globulus	4	x		4,1
	Hesperocyparis lusitanica (Mill.) Bartel	4		x	4,1
	Lafoensia acuminata (Ruiz & Pav.) DC	4	x		4,1
	Schinus molle L	4	x		4,1
	Buddleja incana	2	x		2,0
	Euphorbia tirucalli L.	2		x	2,0
	Hibiscus rosa-sinensis L.	2	x		2,0
	Inga insignis Kunth	2		x	2,0
	Prunus serotina Ehrh.	2		x	2,0
	Juglans neotropica Diels	1		x	1,0
	Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	1	x		1,0
	Melaleuca armillaris (Sol. ex Gaertn.) Sm.	1	x		1,0
	Melaleuca citrina (Curtis) Dum.Cours	1	x		1,0
Con la edificación	*Lafoensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC	2	x		2,0
	Spathodea campanulata P. Beauv	2	x		2,0
	Melaleuca armillaris (Sol. ex Gaertn.) Sm.	1	x		1,0
	Prunus serotina Ehrh.	1		x	1,0
	Syzygium paniculatum	1		x	1,0
	Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	1	x		1,0
Cableado y edificación	*Melaleuca armillaris* (Sol. ex Gaertn.) Sm.	9	x		9,2
	Fraxinus excelsior L.	1	x		1,0
	Inga insignis Kunth	1		x	1,0
	Vachellia macracantha Humb. & Bonpl. ex	1		x	1,0

Nota. Interferencias de ramas en los espacio público A (avenida); P (parque) (2026).

El análisis de interferencia del arbolado con la infraestructura revelo, que el conflicto más recurrente es con el cableado aéreo. Las especies de gran tamaño como *Fraxinus excelsior* L. con 13.3%, *Jacaranda mimosifolia* D. Don y *Spathodea campanulata* P. Beauv con 8.2% individuos. Por el contrario, la interferencia con las edificaciones muestra valores menores con el crecimiento lateral de las ramas, las especies *Lafoensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC y *Spathodea campanulata* P. Beauv presentan 2.2% individuos. Por último, se evidencia que la especie *Melaleuca armillaris* (Sol. ex Garten.) Sm con 9.2% individuos que presentaba mayor frecuencia de interferencias simultanea con el cableado y las edificaciones.

Los conflictos recurrentes entre árboles de gran porte como *Fraxinus excelsior* L., *Jacaranda mimosifolia* D. Don y *Spathodea campanulata* P. Beauv, y las redes de cables aéreos revelan una desconexión evidente entre el espacio de crecimientos natural de estas especias y la planificación urbana (Vera-Gallegos et al., 2024). Estas interferencias perjudican el atractivo estético del lugar, incrementando intervenciones silviculturales frecuentes que comprometen la estabilidad de los individuos Calaza e Iglesias (2016). Al contrario, de casos extremos como los de *Melaleuca armillaris* (Sol. ex Gaertn.) Sm, con múltiples interferencias, subrayan la importancia de elegir especies de porte medio o pequeño en las zonas con mucha infraestructura (Ministerio de Ambiente y Energía, 2010). Por ello, la aplicación de podas formativas desde etapas tempranas para orientar el desarrollo de la copa, mejorar la compatibilidad con las líneas eléctricas y bajar los costos de mantenimiento (Ayuntamiento de Madrid, 2015).

3.7.Impacto radicular en infraestructura vial

La cuantificación de los conflictos entre el desarrollo radicular y los elementos de obras civil, los tipos de afectación identificado se presenta en (Tabla 6).

Tabla 6.

Daños de la infraestructura urbana por el sistema radicular de las especies identificadas

Especies	Afectación de las raíces a:				Total	%
	Calle	Bordillo	Calle - bordillo	Vereda		
Fraxinus excelsior L.	2	4	5	4	15	46,9
Spathodea campanulata P. Beauv	2		3	2	7	21,9
Eucalyptus globulus	2	2			4	12,5
Acacia baileyana		2			2	6,3
Euphorbia tirucalli L.		1			1	3,1
Jacaranda mimosifolia D. Don			1		1	3,1
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	1				1	3,1
Populus alba L.				1	1	3,1

Nota. Se observa las especies que tienen más afectaciones en las avenidas (2026).

El estudio sobre la afectación por el sistema radicular, permitió detectar que las especies *Fraxinus excelsior* L. con 46.9%, *Spathodea campanulata* P. Beauv con 21.9% y *Eucalyptus globulus* con 12.5% destacan con mayor incidencias en calzado bordillo y aceras, en cambio, *Euphorbia tirucalli* L., *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Populus alba* L., con 3.1%, presentan daños específicamente a una sola infraestructura urbana.

El estudio revela que los daños notables en veredas y calles son provocados por las especies introducidas, descartando a las especies nativas de gran tamaño como causantes del deterioro de la infraestructura gris. En concreto, todos los perjuicios a la vía provienen de

especies exóticas, encabezadas por *Fraxinus excelsior* L con un 46.9%, seguido por *Spathodea campanulata* D. Don con 21.9%, *Eucalyptus globulus* con 12.5% *y Acacia baileyana* con 6.3%. Por otro lado, con menor incidencias *Euphorbia tirucalli* L., *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Populus alba* L. constituyen con el 3.1% del daño. Al respecto, Shi et al. (2023) sostienen que el deterioro radicular es evidente cuando el espacio es muy limitado. Al introducir especies exóticas con un crecimiento rápido y gran porte en espacios muy estrechos, estas generan raíces superficiales y vigorosas que rompen el pavimento en busca de oxígenos y humedad. A nivel regional, Terrazas y Villarroel (2021) corroboraron este comportamiento en el uso de especies exóticas en las vías públicas intensificando los problemas por espacio, dado que sus raíces no se adaptan a los suelos compactados bajo las aceras. Al toparse con el hormigón, las raíces sufren deformaciones que afectan de manera notable la estabilidad y el anclaje del árbol. Según Duval et al. (2025), las raíces deformadas y expuestas son los defectos estructurales más habituales y graves en zonas pavimentadas, representa un peligro de alto riesgo debido a la inestabilidad del árbol. Implicando una amenaza directa para personas y bienes durante condiciones climáticas adversas, ya que los modelos de Kabir et al. (2018) confirman que la probabilidad de que un árbol se fracture o caiga completamente durante una tormenta aumentando drásticamente cuando sus raíces están atrapadas o dañadas por la infraestructura que las rodea.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACION

Conclusión

- La evaluación del estado fitosanitario determinó que la especie *Fraxinus excelsior* L., presenta la condición más crítica dentro del arbolado urbano de la parroquia. Esta vulnerabilidad se caracteriza por una alta incidencia de patologías físicas, evidenciadas principalmente por la recurrencia de tumores y grietas estructurales, afecciones que fueron evidencias de forma directa en las avenidas y parques.
- En función del riesgo, se determinó que *Jacaranda mimosifolia D. Don* presenta una mayor incidencia en la inclinación del fuste, el desequilibrio de la copa, la interferencia de las ramas con el cableado y edificaciones, así como el impacto radicular en la infraestructura vial. Esta problemática se concentra principalmente en las avenidas, mientras que en los parque no se evidenció la presencias, ni, por consiguiente, el riesgo asociados a la misma.

Recomendación

- Se sugiere organizar talleres enfatizados en el arbolado urbano, donde puedan participar toda la ciudadanía. Dode este modo, los ciudadanos se convertirán en aliados fundamentales para reportar oportunamente el deterioro de los árboles en avenidas y parques.
- Promover capacitaciones a los residentes de la parroquia para generar conciencia educacional de un buen manejo de las podas de copas o ramas, evitando daños futuros tanto al árbol como a los espacios públicos.

Referencias Bibliográficas

Alfaro-Rojas C. (2020). Propuesta técnica de manejo para el arbolado urbano presente en el distrito San Vicente del Cantón de Moravia, San José, Costa Rica [tesis de grado]. *Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11522/TFG_Carolina_Alfaro_Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alonzo, M., McFadden, J., Nowak, D., y Roberts, D. (2015). Urban tree species mapping using hyperspectral and lidar data fusion. *Remote Sensing of Environment,* 240, 111643. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.03.018

Ayuntamiento de Madrid. (2015). Estudio de estado y riesgo del arbolado de la calle José Ortega y Gasset: Memoria. https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/ZonasVerdes/TodoSobre/ArboladoOrtegayGasset/pdf/Memoria.pdf

Avery, T. y Burkhart, H. (2015). Forest measurements (5.ª ed.). Waveland Press. https://www.waveland.com/browse.php?t=668

Bordenave, M. (2013). Ambiente urbano y vegetación. Árboles en riesgo, peligro para la ciudad. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales*, pp. 101–108. https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/28820/RIUNNE_FAU_AR_Bordenave_MG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Brazee, N., y Burcham, D. (2023). Internal decay in landscape oaks (Quercus spp.): Incidence, severity, explanatory variables, and estimates of strength loss. *Forests,* 14(5), 978. https://doi.org/10.3390/f14050978

Calaza, P., e Iglesias, M. (2016). El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación. *Ediciones Mundi-Prensa.* https://books.google.com.ec/books?id=NXDlCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source#v=onepage&q&f=false

Callow, D. May, P., y Johnstone, D. (2018). Tree Vitality Assessment in Urban Landscapes. *Forests, 9(5),* Articulo 279. https://doi.org/10.3390/f9050279

Camacho-Escobar, M., Ramos-Ramos, D., Ávila-Serrano, N., Sánchez-Bernal, E., y López-Garrido, S. (2020). Las defensas físico-químicas de las plantas y su efecto en la alimentación de los rumiantes. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 443-453. https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.629

Carbonnel, A., Aqueveque, C., y Carmona, M. (2017). Vulnerabilidad ambiental del arbolado urbano: Levantamiento georreferenciado comunal, Chile. *AUS*, (21), 4-10. https://doi.org/10.4206/aus.2017.n21-02

Carrasco, G., Dávila, M., Liger, S. y Mullo, G. (2021). Plan de uso y gestión de suelo del cantón San Miguel de Ibarra [PDF]. *Gobierno de Ecuador*. https://www.rpi.gob.ec/rpibarra/LOTAIP_2024_a2/Plan_De_Uso_Y_Gesti%C3%B3n_De_Suelo_Del_Cant%C3%B3n_San_Miguel_De_Ibarra_2021.pdf

Cevallos, J., y Mendoza, L. (2022). Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del bosque urbano en áreas públicas verdes. *Revista Bosques Latitud Cero*, 12(1), 45-58. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1886?articlesBySimilarityPage=12

Colán de la Vega, X., Cipra-Rodríguez, J., Montoya-Yanavilca, A., Adriano-Reyes, J., y Móstiga-Rodríguez, M. (2019). ¿Existe riesgo de caída de árboles de *Schinus molle* por la presencia de tumores en la ciudad de Lima? *Espacio y Desarrollo*, (34), 175-200. https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201902.008

Chen, X., de Vries, S., Assmuth, T., Dick, J., Hermans, T., Hertel, O., y Vierikko, K. (2020). The effects of urban forests on mental health. *Scientific Reports,* 10(1), 22445. https://doi.org/10.1038/s41598-020-79925-4

Danilović, M., Sarić, R., Cirović, V. y Pudja, V. (2022). The impact of pruning on tree development in poplar Populus × canadensis "I-214" plantations. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, *15*(1), 33-37. https://doi.org/10.3832/ifor3865-014

Dávalos-Sotelo, R., y Ordóñez-Candelaria, V. (2011). Influencia de los nudos sobre la resistencia en flexión estática en madera de tamaño estructural. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *2*(7), 43-58. http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v2n7/v2n7a4.pdfD

Dunster, J. A., Smiley, E. T., Matheny, N., & Lilly, S. (2013). Tree risk assessment manual. International Society of Arboriculture (ISA). (Este es el documento de la fundación del primer enlace). https://research.fs.usda.gov/download/treesearch/11070.pdf

Duval, V., Benedetti, G. y Ramos Lopetegui, A. (2025). Evaluación del riesgo del arbolado de la plaza Belgrano en Punta Alta (Argentina). Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 45(1), 15-26. https://doi.org/10.5209/aguc.102095

Escobedo, F., Giannico, V., Jim, C., Sanesi, G., y Lafortezza, R. (2019). Urban forests, ecosystem services, and green infrastructure in Latin America: A systematic review. *Environmental Science & Policy*, (93), 57-67. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.010

Fernández, P., Lozano, D., Armijos-Montaño, A., Jumbo, N., y Pucha, D. (2026). Evaluación sintomatológica del estado fitosanitario del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero, 16*(1), 67-89. https://doi.org/10.54753/blc.v16i1.2638

García, S., Rascón, J., Vargas, A., Alanís, E., Aguirre, O., Molina, V., y Sandoval, R. (2023). Caracterización arbórea, evaluación de daños y su impacto en la infraestructura en un campus universitario. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 14*(80), 105–129. https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i80.1397

Gartner, B., Moore, J., y Gardiner, B. (2018). Bark properties and function in drought-affected trees. *Tree Physiology,* 38(6), 793-804. DOI:10.1093/treephys/tpx153

Gillner, S., Vogt, J., Tharang, A., Dettmann, S. y Roloff, A. (2015). Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. *Landscape and Urban Planning*, *143*, 33-42. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.011

Goheen, E., y Frankel, S. (2019). Phytophthoras in forests and natural ecosystems: Proceedings of the Fourth Meeting of the International Union of Forest Research Organizations. *Pacific Southwest Research Station*, 26–31, 2007. https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/11/psw_gtr221.pdf

Hernández-López, P., Martínez-Trinidad, T., Mohedano-Caballero, L., Hernández-de la Rosa, P., y González Guillén, M. (2024). Características estructurales y nivel de riesgo de arbolado en un parque periurbano. *Madera y Bosques, 30*(2), e3022606. https://doi.org/10.21829/myb.2024.3022606

Imaña-Encinas, J., Riesco-Muñoz, G., Antunes-Santana, O., & de Camino, R. (2021). Análisis silvicultural del bosque tropical atlántico a partir de la distribución diamétrica y riqueza florística del arbolado. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 18*(42). https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5538

Jackson, T., Kane, B., y Harris, J. (2022). Tree stability assessment in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 67, 127454. 10.1016/j.ufug.2021.127454

Kabir, E., Guikema, S. y Kane, B. (2018). Statistical modeling of tree failures during storms. Reliability Engineering & System Safety, 177, 68-79. https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.04.025

Koeser, A., Hauer, R, Norris, J., y Kiester, A. (2020). Tree failure during storms: A global review. *Landscape and Urban Planning, 194*, 103687. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103687

Klein, R., Koeser, A., Hauer, R., Hansen, G., & Escobedo, F. (2019). Risk assessment and risk perception of trees: A review of literature relating to arboriculture and urban forestry. *Arboriculture & Urban Forestry, 45*(1), 26–38. https://doi.org/10.48044/jauf.2019.003

Larsson, T., Stokland, J., y Tonelli, F. (2019). Tree cavities as keystone structures for forest biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 448, 237-245. DOI:10.1016/j.foreco.2019.06.009

Lin, W., Zheng, J., y Zhang, Y. (2019). Risk assessment of urban tree failure: A study on the impact of storm events and maintenance on public safety. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 38, 112-124. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.01.015

Loja, P., y Valdivieso, R.(2021). Caracterización del arbolado lineal y su incidencia en la conectividad ecológica urbana. *Revista Científica Talentos*, 8(2), 89-102. https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/423/468

Lozano, A. (2023). San Miguel de Ibarra, antigua Caranqui (Ecuador), Apropiación del centro sagrado y destrucción del trazado simbólico. *Arqueología Iberoamérica*. 15(49), 3-21. http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/Arqueologia/article/view/10346/12069

Macías-Sarría, F., Gómez, M., y Pérez, T. (2024). Composición y estructura del arbolado urbano en zonas residenciales y comerciales. Polibotánica, (58), 85-104. https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n58/1405-2768-polib-58-85.pdf

Martínez, C. y Coelho-Duarte, A. (2023). Indicadores de riesgo en el arbolado urbano: Casos de estudio en Platanus x hispanica y Morus alba en la ciudad de Mendoza-Argentina. Universidad Nacional de Cuyo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias.,* 55(2), 38-47. https://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v55n2/1853-8665-refca-55-02-152.pdf

Matheny, N., y Clark, J. (1994). A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas. International Society of Arboriculture (ISA). (Autores clásicos fundacionales en la evaluación de riesgo arbóreo). https://www.researchgate.net/publication/281395783_Tree_risk_assessment_A_foundation

Mattheck, C. y Breloer, H. (2018). The Body Language of Trees: Encyclopedia of Visual Tree Assessment. *Karlsruhe Institute of Technology*. https://www.trees.org.uk/Book-Shop/Products/The-Body-Language-of-Trees-Encyclopedia-of-Visual

Merino, B., Gualán, R., Macas, M., Armijos, A., Fernández, P., Jumbo, N. y Pucha-Cofrep, D. (2023). Caracterización florística y estructura del arbolado urbano de la ciudad de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 1–22. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1886

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2024). *Acuerdo Nro. MAATE-MAATE-2024-0001-A* [Archivo PDF]. https://www.ambienteyenergia.gob.ec/ambiente/wp-content/uploads/sites/2/downloads/2024/01/ACUERDO-Nro.-MAATE-MAATE-2023-0002-A.pdf

Montoya-Reyes, F., Valdez-Hernández, J., Trujillo-Martínez, H., García-Osorio, M., y Beltrán-Rodríguez, L. (2024). Arquitectura y morfometría de Grevillea robusta A. Cunn. ex R. Br., una especie forestal con importancia ornamental en áreas periurbanas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 30(3). https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2024.03.008

Mullaney, J., Lucke, T. y Trueman, S. (2015). A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. *Landscape and Urban Planning*, *134*, 157-166. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.013

Pérez-Miranda, R., Santillán , A., Narváez, F., Galeote, B., y Vásquez, N. (2018). Riesgo del arbolado urbano: estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *9*(45), 208-228. https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.143

Pokorny, J. (2003). Urban tree risk management: A community guide to program design and implementation (NA-TP-03-03). USDA Forest Service. (Este es el manual del segundo y tercer enlace). https://research.fs.usda.gov/treesearch/11070

Poorter, L. (2020). Functional traits and tropical forest diversity. *Functional Ecology*, 34(3), 531-545. 10.1111/1365-2435.13485

Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y Real, P. (1997). Mensura forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). https://es.scribd.com/document/554014424/Mensura-Forestal

Purcell, L. (2015). *Tree Pruning Essentials* (FNR-506-W). *Purdue University Extension*. https://extension.purdue.edu/extmedia/fnr/fnr-506-w.pdf

Ramilo, D., Galarco, S., y Sharry, S. (2025). Arbolado urbano: Fundamentos para su gestión sostenible. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/185382/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ranius, T., Johansson, V., y Fahrig, L. (2021). Tree hollows and biodiversity: A meta-analysis of global data. *Biological Conservation*, 253, 108931. DOI:10.1016/j.biocon.2020.108931

Rodríguez, A., y Martínez, J. (2023). Evaluación fitosanitaria y diversidad florística de especies arbóreas en espacios públicos urbanos. *Revista Cubana de Ciencias Forestales, 11(2), e703.* https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/download/703/html?inline=1

Roman, L., Scharenbroch, B., y Östberg, J. (2020). Factors influencing long-term street tree survival in Milwaukee, WI, USA. *Urban Forestry & Urban Greening, 48*, 126740. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126740

Romero, C., Bolker, B., y Edwards, C. (2020). Bark shedding and tree morphology influence fire resilience in temperate forests. *Journal of Forestry Research*, 31(3), 789-801. DOI:10.1007/s11676-019-01088-4

Romolini, M., Ryan, R., Simso, E., & Strauss, E. (2019). Visitors' attachment to urban parks in Los Angeles, CA. *Urban Forestry & Urban Greening,* 41, 118–126. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.015

Rondeux, J. (2010). Medición de árboles y masas forestales. Ediciones Mundi-Prensa. https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484763864/medicion-de-arboles-y-masas-forestales

Saavedra-Romero, L., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T., y Hernández-de la Rosa, P. (2019). Identificación de defectos y riesgos en el arbolado del Bosque de San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, *25*(1), 31-47. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.06.049

Salazar, J., Hidalgo, C., y Campos, M. (2019). Urban green infrastructure in Latin American cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 320-331. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126487

Santamarta, J. (2014). Investigación, gestión y técnica forestal, en la región de la Macaronesia. Colegio Oficial de Ingenieros de Montes; Universidad de La Laguna. https://mdc.ulpgc.es/files/original/5c0800aab9642563c592d088f174a3ac5888ac12.pdf

Schindler, U., Dujesiefken, D., y Kahl, T. (2020). Radial cracks in tree stems: Formation, propagation and ecological implications. *Forest Pathology*, 50(3), e12589. DOI:10.1111/efp.12589

Schwarze, F., Engels, J. y Mattheck, C. (2020). Wood decay in living trees: From microbial ecology to tree care. *Springer Nature.* https://www.researchgate.net/publication/331922392_Fungal_Strategies_of_Wood_Decay_in_Trees

Serrano-Muñoz, M., Pujade-Villar, J., Lobato-Vila, I., Valencia-Cuevas, L., Mussali-Galante, P., Castillo-Mendoza, E., Callejas-Chavero, A., y Tovar-Sánchez, E. (2022). Influence of elevation gradient on Cynipid galls and their associated insect communities: the case of *Quercus rugosa* (Fagaceae). *Arthropod-Plant Interactions*, *16*(4), 401-421. https://doi.org/10.1007/s11829-022-09911-2

Shi, F., Zhang, L., Jiang, Y., Wu, C., Zhang, S. y Han, L. (2023). Root damage of street trees in urban environments: An overview of its hazards, causes, and prevention and control measures. Science of The Total Environment, 899, Artículo 165353. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165353

Shigo, A. (2017). Compartmentalization of decay in trees. *Scientific American,* 152(4), 96–103. https://research.fs.usda.gov/treesearch/53383

Shimada, H. (2023). Effects of Pruning Types on Tree Vigor of Bamboo-Leaf Oak Inferred from Allometric Analysis. *American Journal of Plant Sciences*, 14, 1430-1438. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.013

Shmulsky, R., & Jones, P. (2019). Forest Products and Wood Science: An Introduction (7th ed.). *Wiley-Blackwell*. https://www.wiley.com/en-us/9781119426431

Terrazas, F., y Villarroel, J. (2021). Comportamiento y manejo del arbolado urbano en vías públicas. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, *19*(23), 45–58. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2225-87872021000100005&script=sci_arttext

Tórrez, F. (2010). Gestión del arbolado urbano público en vías de alta densidad vehicular de tres distritos de Managua (Tesis de ingeniería). *Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua*. https://repositorio.una.edu.ni/1138/1/tnk10t694.pdf

Vázquez, L., López, G., y García, M. (2021). Impact of pruning techniques on tree failure rates during storms. *Trees,* 35(4), 1123-1135. https://doi.org/10.1007/s00468-021-02122-x

Vera-Gallegos, M., Sánchez-Tello, G., y Martínez-López, J. (2024). Evaluación del estado fitosanitario y daños a la infraestructura por el arbolado en espacios públicos. *Polibotánica*, (57), 104-121. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712024000200104&script=sci_arttext

Vozzo, J. (2005). Tropical tree seed manual / Árboles tropicales: Manual de semillas (1ª ed.). *United States Department of Agriculture.* http://bibliotecavirtual.unsa.edu.pe:8009/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1026164

ANEXOS

Anexo A: Evidencia del levantamiento del información del arbolado urbano.

Figura 6.

Mediciones dasométricas de cada individuo.



Nota. Medición de las especies en las avenidas. Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 7.

Presencia de malformaciones en el fuste de Magnolia grandiflora.



Nota. Árbol ubicado en parque muestra numerosos tumores en el fuste. Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 8.

Presencia de cavidades o huecos en el fuste



Nota. Muestra un hueco en el fuste, con acumulación de materia orgánica y signos de degradación interna de la madera. Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 9.

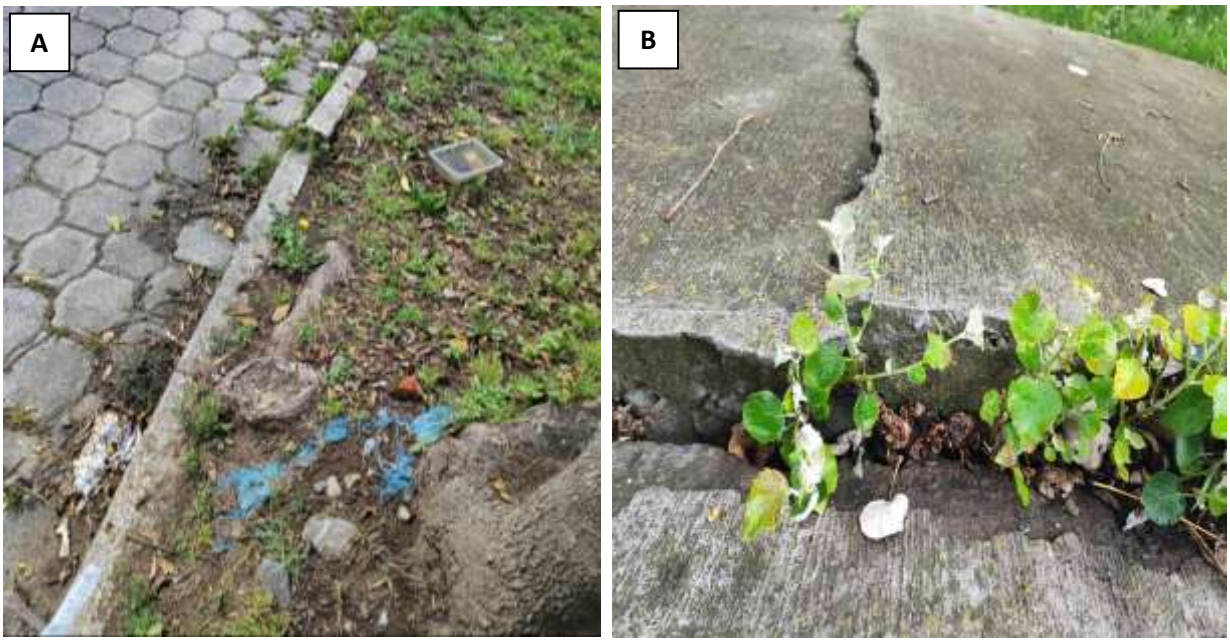
Evidencia de grietas estructurales en el fuste y rama basales.



Nota. Árbol ubicado en el parterre vial que presenta grietas longitudinales en el tronco y ramas principales. Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 10.

Daño estructural en bordillos y aceras por el sistema radicular



Nota. A) afectación a bordillo; B) afectación en aceras. Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 11.

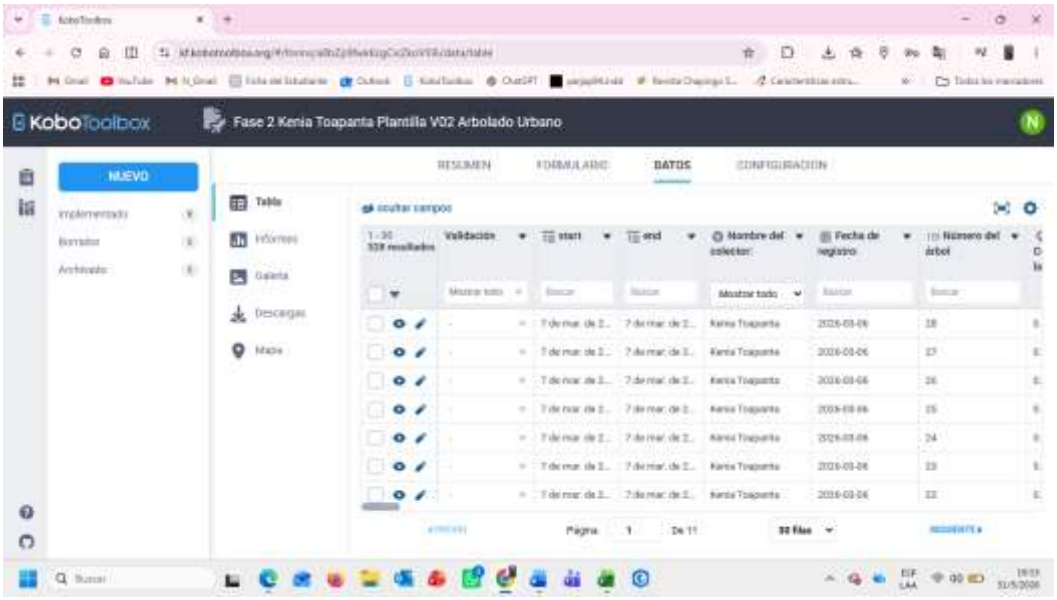
Interferencias del arbolado con la infraestructura aérea y el cableado



Nota. Contacto directo de las ramas superiores de la copa con el tendido eléctrico. Fuente: Elaboración propias (2026).

Figura 12.

Interfaz de la plataforma KoboToolbox se registraron los datos.



Nota. Módulo de KoboToolbox para la revisión y validación de la información de campo. Fuente: Elaboración propia (2026).