

Evaluación sintomatológica del estado fitosanitario del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador

Symptomatological evaluation of the phytosanitary status of the urban trees in the city of Loja, Ecuador

Paulina Fernández^{1*} 
Deicy Lozano² 
Andrés Armijos-Montaña² 
Nohemí Jumbo² 
Darwin Pucha² 

1. Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
2. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

*Autor para correspondencia: paulina.fernandez@unl.edu.ec

RECIBIDO: 21/10/2025

ACEPTADO: 14/12/2025

PUBLICADO: 05/01/2026

■ RESUMEN

El estado fitosanitario del arbolado urbano es fundamental para garantizar la estabilidad estructural, la longevidad y la provisión de servicios ecosistémicos. Por ello, este estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación sintomatológica en los árboles urbanos de la ciudad de Loja. Para ello, se evaluaron 5129 árboles mediante la identificación visual de síntomas asociados a posibles plagas y enfermedades en fuste, hojas y ramas. Se comparó la incidencia sintomatológica según la procedencia de las especies y se analizó la relación entre familias botánicas y los tipos de síntomas observados. Los resultados mostraron una mayor frecuencia de síntomas en especies exóticas (72,67 %) respecto de las nativas (61,69 %), destacándose tumores, canchales, exudados y muerte regresiva. Las plagas más frecuentes fueron hormigas, cochinillas y barrenadores. El fuste fue el órgano más afectado, seguido por hojas y ramas. Asimismo, se identificaron asociaciones entre familias botánicas y sintomatologías específicas: Salicaceae, Fabaceae y Malvaceae registraron mayor presencia de síntomas relacionados con pudriciones y muerte regresiva. En contraste, Euphorbiaceae, Proteaceae y Juglandaceae mostraron menor frecuencia de síntomas bajo las condiciones evaluadas. En conclusión, las especies con mayor presencia de síntomas fueron *Salix babylonica*, *Leucaena leucocephala*, *Pinus radiata*, *Syzygium jambos*, *Prunus serotina* y *Salix humboldtiana*, mientras que *Caesalpinia spinosa*, *Myrcianthes hallii*, *Castilla elastica*, *Tecoma stans*, *Acnistus arborescens* y *Ficus benjamina* registraron valores más bajos. Los hallazgos resaltan la importancia de incorporar criterios fitosanitarios en la selección de especies para arborización urbana, priorizando aquellas con mejor desempeño sanitario para reducir riesgos, además optimizar la gestión del arbolado.

Palabras clave: Sintomatología, fitopatología, arbolado urbano, manejo de plagas y enfermedades, especies nativas, especies exóticas.

■ ABSTRACT

The phytosanitary condition of urban trees is essential to ensure structural stability, longevity, and the provision of ecosystem services. Therefore, this study aimed to conduct a symptom-based evaluation of urban trees in the city of Loja. A total of 5,129 trees were assessed through visual identification of symptoms associated with potential pests and diseases in the trunk, leaves, and branches. Symptom incidence was compared according to species origin, and the relationship between botanical families and the types of observed symptoms was analyzed. The results showed a higher frequency of symptoms in exotic species (72.67 %) compared to native species (61.69 %), with tumors, cankers, exudates, and dieback being the most notable. The most frequent pests were ants, scale insects, and wood-boring beetles. The trunk was the most affected organ, followed by leaves and branches. Associations between botanical families and specific symptomatology were identified: Salicaceae, Fabaceae, and Malvaceae showed greater presence of symptoms related to wood decay and dieback. In contrast, Euphorbiaceae, Proteaceae, and Juglandaceae displayed lower symptom frequency under the evaluated conditions. In conclusion, the species with the highest symptom presence were *Salix babylonica*, *Leucaena leucocephala*, *Pinus radiata*, *Syzygium jambos*, *Prunus serotina*, and *Salix humboldtiana*, whereas *Caesalpinia spinosa*, *Myrcianthes hallii*, *Castilla elastica*, *Tecoma stans*, *Acnistus arborescens* and *Ficus benjamina* showed the lowest values. These findings highlight the importance of incorporating phytosanitary criteria into species selection for urban tree planting, prioritizing those with better sanitary performance to reduce risks and optimize tree management.

Keywords: Symptomatology, forest pathology, urban trees, pest and disease management, native species, exotic species.

■ INTRODUCCIÓN

El estado fitosanitario del arbolado urbano constituye un indicador fundamental de su estabilidad estructural, longevidad y funcionalidad para proveer servicios ecosistémicos. Este estado refleja la interacción dinámica entre factores bióticos como plagas y patógenos, condiciones abióticas y prácticas de manejo urbano (Coto, 2007; Saltos, 2019). En los últimos años, la expansión urbana ha intensificado los impactos ambientales que contribuyen al cambio climático (Georgescu et al., 2014). En este contexto, el arbolado urbano desempeña un rol clave en las estrategias de adaptación y mitigación, al generar beneficios ambientales, sociales y económicos que influyen directamente en el bienestar de la población (Romero et al., 2025).

No obstante, los árboles en entornos urbanos enfrentan múltiples desafíos que comprometen su salud y funcionalidad. La selección inadecuada de especies, prácticas deficientes de manejo, la incidencia de plagas y enfermedades y las

condiciones ambientales adversas del entorno urbano contribuyen al deterioro del arbolado urbano (Castillo Rodríguez y Ferro Cisneros, 2015). En América Latina, diversos estudios reportan una alta incidencia de problemas fitosanitarios. En la Ciudad de México se identificaron 44 especies de insectos fitófagos que afectan áreas verdes (Martínez et al., 2020), mientras que, en Popayán, Colombia, especies nativas como *Quercus humboldtii* y *Juglans neotropica* fueron afectadas por hongos patógenos e insectos de distintos órdenes (Giraldo Aristizábal et al., 2022). En Ecuador, Garrido Aguilar et al. (2023) registraron que el 33,6 % del arbolado de Ibarra presentó síntomas de plagas o enfermedades. Sin embargo, en la ciudad de Loja no existen evaluaciones recientes pese a su relevancia ecológica y acelerado crecimiento urbano.

La evaluación fitosanitaria basada en sintomatología visible constituye una herramienta silvicultural prioritaria, al permitir identificar manifestaciones externas asociadas a factores bióticos y abióticos sin necesidad de análisis etiológicos directos (Coto, 2007). Síntomas

como clorosis, resinación, marchitez, exudados, pudriciones o tumores reflejan respuestas fisiológicas frente a agentes de daño (Araya, 2005). Aunque los hongos representan uno de los grupos de patógenos más frecuentes, el concepto de sanidad vegetal abarca también la acción de insectos, bacterias, virus, daños mecánicos y condiciones ambientales adversas (Urbina, 2022).

En Loja, el rápido crecimiento urbano ha generado presiones adicionales sobre el arbolado, evidenciadas en la falta de mantenimiento, podas inadecuadas y ausencia de diagnósticos sanitarios actualizados (Tello, 2012). Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo realizar exclusivamente una evaluación sintomatológica para identificar patrones visibles de daño y establecer tendencias de afectación entre especies, órganos, especies y familias botánicas. Por ello, es necesario continuar con investigaciones más específicas, puesto que las sintomatologías encontradas no permiten confirmar la etiología de los agentes causales, dado que muchos síntomas como clorosis, necrosis, exudados o pudriciones pueden originarse tanto por factores bióticos (hongos, bacterias, insectos) como abióticos (estrés hídrico, compactación del suelo, daños mecánicos o contaminación). Estos resultados deben interpretarse como un insumo preliminar para la gestión y el monitoreo del arbolado urbano de Loja.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en la zona urbana de la ciudad de Loja, ubicada al sur del Ecuador (4°00' S, 79°12' O), a una altitud promedio de 2 100 m s. n. m. El cantón Loja posee una extensión de 1 895 km², mientras que el área urbana abarca aproximadamente 41 km². El clima corresponde a un régimen mesotérmico semihúmedo, con temperatura media anual de 15 °C y una precipitación promedio de 900 mm, alcanzando hasta 2 000 mm en sectores puntuales (Mendieta, 2020). La ciudad presenta 91 especies

arbóreas entre nativas y exóticas, distribuidas en parques, avenidas y campus universitario (Pucha et al, 2023), área óptima para evaluar el estado fitosanitario del arbolado urbano (Figura 1).

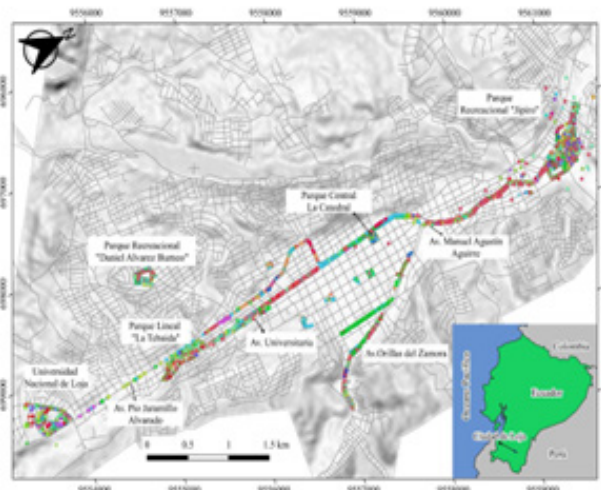


Figura 1. Mapa de ubicación de los parques, avenidas y campus universitario evaluada en el estudio en la ciudad de Loja, Ecuador

Muestreo de especies arbóreas

Para caracterizar la sintomatología visible asociada a plagas y enfermedades en el arbolado urbano de Loja, Ecuador, se desarrolló un estudio observacional transversal en tres ambientes de localización: parques, avenidas y el campus de la Universidad Nacional de Loja donde se concentra una parte representativa del arbolado de la ciudad. Este enfoque se basó en metodologías internacionales de evaluación sintomatológica y diagnóstico visual aplicadas en sanidad vegetal urbana (Ferrini & Fini, 2011; Paap et al., 2017).

El inventario general del arbolado urbano de la ciudad de Loja reportó 91 especies (Pucha et al., 2023). Para este estudio se seleccionaron las 50 especies más abundantes, incluyendo palmas, con el fin de asegurar un número suficiente de individuos por especie y garantizar la representatividad del análisis. Esta decisión metodológica respondió a dos criterios: La frecuencia relativa de cada especie dentro del inventario, priorizando aquellas que conforman la

mayor parte del arbolado urbano; y, la necesidad de contar con poblaciones mínimas que permitan estimar con fiabilidad la incidencia de síntomas y realizar comparaciones entre grupos taxonómicos.

Las especies con muy pocos individuos (<10 árboles en toda la ciudad) fueron excluidas, dado que tamaños muestrales reducidos limitan la interpretación estadística y pueden generar sesgos en la estimación de la incidencia sintomatológica. En cada una de las 50 especies seleccionadas se evaluó aproximadamente el 30 % de los individuos censados; en aquellas con poblaciones pequeñas, pero dentro del grupo seleccionado (<10 árboles por sitio), se inspeccionó el 100 % de los ejemplares disponibles.

En total se evaluaron 5 129 individuos, distribuidos en parques (2 884), avenidas (1 798) y campus universitario (447). La Tabla 1 presenta

el número de individuos muestreados por especie, procedencia (nativa o exótica) y el ambiente de localización.

La selección de los árboles se realizó mediante números aleatorios reproducibles, estableciendo una distancia mínima de 50 metros entre individuos seleccionados para evitar autocorrelación espacial (Fortin y Dale, 2005). Este procedimiento responde a la necesidad de cubrir las especies con mayor peso ecológico y social en la ciudad y se ajusta a estándares que priorizan la evaluación de taxones dominantes en inventarios fitosanitarios urbanos (Paap et al., 2017; Tubby & Webber, 2010). Además, el enfoque sintomatológico adoptado permite obtener información confiable sobre la presencia y distribución de daños visibles sin requerir confirmación etiológica en laboratorio, coherente con los objetivos y alcances del estudio.

Tabla 1. Lista de especies seleccionadas del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Nro .	Nombre científico	Código	Familia	Origen	Nº Individuos
1	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	acde	Fabaceae	Exótica	28
2	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	acmea	Fabaceae	Exótica	11
3	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	acmel	Fabaceae	Exótica	176
4	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltdl.	acar	Solanaceae	Nativa	11
5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	alac	Betulaceae	Nativa	410
6	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	casp	Fabaceae	Nativa	7
7	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet	cala	Myrtaceae	Exótica	210
8	<i>Callistemon salignus</i> Sm.	casa	Myrtaceae	Exótica	8
9	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	cael	Moraceae	Exótica	12
10	<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	caeq	Casuarinaceae	Exótica	55
11	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	cemo	Meliaceae	Nativa	100
12	<i>Cedrela odorata</i> L.	ceod	Meliaceae	Nativa	39
13	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	cetr	Malvaceae	Nativa	26
14	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	chpu	Oleaceae	Nativa	55
15	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	cuma	Cupressaceae	Exótica	310
16	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	erja	Rosaceae	Exótica	35
17	<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	ered	Fabaceae	Nativa	30
18	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	eugl	Myrtaceae	Exótica	46
19	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	eusa	Myrtaceae	Exótica	39
20	<i>Eucalyptus</i> sp.	eusp	Myrtaceae	Exótica	11
21	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	euco	Euphorbiaceae	Nativa	8
22	<i>Ficus benjamina</i> Willd.	fibe	Moraceae	Exótica	14

Nro .	Nombre científico	Código	Familia	Origen	Nº Individuos
23	<i>Fraxinus americana</i> L.	fram	Oleaceae	Exótica	30
24	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	frch	Oleaceae	Exótica	388
25	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	grro	Proteaceae	Exótica	31
26	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	hach	Bignoniaceae	Nativa	7
27	<i>Inga edulis</i> Mart.	ined	Fabaceae	Nativa	11
28	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	jami	Bignoniaceae	Nativa	476
29	<i>Juglans neotropica</i> Diels	june	Juglandaceae	Nativa	10
30	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	laac	Lythraceae	Nativa	94
31	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	lele	Fabaceae	Exótica	65
32	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	magr	Magnoliaceae	Exótica	28
33	<i>Morus alba</i> L.	moal	Moraceae	Exótica	41
34	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh	myha	Myrtaceae	Nativa	9
35	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud	phca	Arecaceae	Exótica	46
36	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	pipa	Pinaceae	Exótica	13
37	<i>Pinus radiata</i> D.Don	pira	Pinaceae	Exótica	10
38	<i>Populus nigra</i> L.	poni	Salicaceae	Exótica	36
39	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	polu	Sapotaceae	Nativa	17
40	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	prse	Rosaceae	Exótica	15
41	<i>Psidium guajava</i> L.	psgu	Myrtaceae	Nativa	10
42	<i>Salix babylonica</i> L.	saba	Salicaceae	Exótica	26
43	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	sahu	Salicaceae	Exótica	1178
44	<i>Sambucus nigra</i> L.	sani	Adoxaceae	Exótica	31
45	<i>Sapindus saponaria</i> L.	sasa	Sapindaceae	Nativa	12
46	<i>Schinus molle</i> L.	scmo	Anacardiaceae	Nativa	360
47	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	syja	Myrtaceae	Exótica	18
48	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	test	Bignoniaceae	Nativa	18
49	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	vama	Fabaceae	Nativa	407
50	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	waro	Arecaceae	Exótica	101

Identificación de sintomatología

La evaluación fitosanitaria se realizó mediante observación visual sistemática y estandarizada, registrando la presencia o ausencia de síntomas en tres órganos principales: hojas, ramas y fuste. Para la clasificación de la sintomatología se utilizó una clave fotográfica elaborada a partir de descripciones estandarizadas (Sinclair & Lyon, 2005; Paap et al., 2017), complementada con la *Guía ilustrada de salud de árboles* (Boa, 2008) y los criterios fitopatológicos de Coto (2007).

Las categorías de síntomas evaluadas incluyeron clorosis y manchas foliares (decoloración interveinal, generalizada o necrosis delimitada con o sin halo), tumores y agallas, canchales, pústulas y exudados, muerte regresiva de ramas,

podrición del tronco y podrición de ramas, las cuales corresponden a manifestaciones visibles comúnmente asociadas a factores bióticos y abióticos. Estas categorías fueron definidas únicamente en función de la sintomatología externa, sin identificación etiológica del agente causal, en concordancia con el enfoque del estudio.

Las especies se agruparon de acuerdo con su procedencia (nativa o exótica) con el propósito de evaluar diferencias en la frecuencia y distribución de síntomas, manteniendo la coherencia con los objetivos del análisis fitosanitario sintomatológico.

A cada árbol se le asignó una ficha técnica estandarizada en la que se registró la especie, el número de individuos, el órgano afectado, el tipo de síntoma observado, la descripción morfológica,

la localización geográfica (coordenadas GPS) y evidencia fotográfica sistemática (mínimo tres imágenes por individuo: copa completa, detalle del síntoma y contexto del sitio). Este procedimiento aseguró uniformidad en la evaluación visual y permitió validar la consistencia de los registros durante el análisis.

Determinación de la incidencia

La incidencia de cada síntoma se calculó como la proporción o porcentaje de individuos afectados respecto al total evaluado, aplicando la ecuación 1:

$$I (\%) = \left(\frac{n}{N}\right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

I: *incidencia del síntoma visible*;

n: *número de árboles con el síntoma o daño*;

N: *número total de árboles evaluados* (James, 1971; Saltos, 2019).

En los casos en que un mismo árbol presentó múltiples síntomas, se construyó una matriz binaria árbol $\times$ síntoma (0 = ausencia; 1 = presencia), lo que permitió analizar patrones de coocurrencia sintomatológica y las asociaciones entre especies, órganos afectados y categorías sintomáticas (Legendre & Legendre, 2012). Este procedimiento se ajusta al enfoque sintomatológico del estudio, evitando la interpretación etiológica directa y centrando el análisis en la distribución y frecuencia de manifestaciones visibles.

Análisis de datos

El análisis de la información se desarrolló de forma descriptiva, comparativa y multivariada. En primer lugar, se calcularon estadísticas descriptivas de la incidencia de síntomas y presencia de plagas por especie, procedencia (nativa o exótica), órgano afectado (fuste, ramas, hojas) y familia botánica.

Para analizar la relación entre la sintomatología registrada y las familias botánicas, se aplicó un Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés), con el propósito de reducir la dimensionalidad de los datos y facilitar la interpretación de los patrones de asociación. Se

elaboró una matriz de presencia/ausencia (0 = ausencia; 1 = presencia) y frecuencia relativa, que vinculó los tipos de síntomas y plagas observados con las familias botánicas presentes en el área de estudio. Previo al ordenamiento, los datos fueron estandarizados para compensar la variabilidad en el número de individuos (n) por especie, evitando así sesgos derivados de la abundancia desigual de las muestras.

Posteriormente, el PCA permitió identificar los ejes principales de variación y agrupar las familias que compartieron similitudes en cuanto a la frecuencia sintomatológica, evidenciando patrones de asociación entre grupos taxonómicos y categorías de síntomas. Asimismo, se identificaron las familias botánicas más relacionadas con la presencia de ciertos grupos de plagas. Los resultados fueron interpretados a partir de gráficos biplot y de la proporción de varianza explicada por cada componente, sin inferencias etiológicas, lo que contribuyó a comprender mejor la distribución de síntomas y su relación con la diversidad taxonómica del arbolado urbano.

El análisis de datos se realizó con Microsoft Excel para la organización y depuración inicial de la base de datos, y con el entorno de programación estadística R (R Core Team, 2021) para los análisis multivariados.

Finalmente, se determinaron los patrones de afectación en función de la procedencia de la especie (nativa o exótica), el tipo de síntoma registrado, el órgano afectado y la familia botánica, lo que permitió comparar diferencias en la incidencia y describir tendencias ecológicas generales, sin atribuir susceptibilidad específica a agentes causales.

■ RESULTADOS

Incidencia general

En el arbolado urbano de la ciudad de Loja se observó que las especies exóticas registraron una mayor incidencia de síntomas asociados a enfermedades (72,67 %), en comparación con las especies nativas (61,69 %). De igual manera,

la incidencia de síntomas asociados a plagas fue más alta en las especies exóticas (71,27 %) frente a las nativas (64,49 %) (Figura 2). Estos resultados indican una mayor frecuencia de sintomatología visible en las especies exóticas, lo que sugiere una respuesta diferencial frente a los factores bióticos presentes en el entorno urbano, sin implicar diagnóstico etiológico.

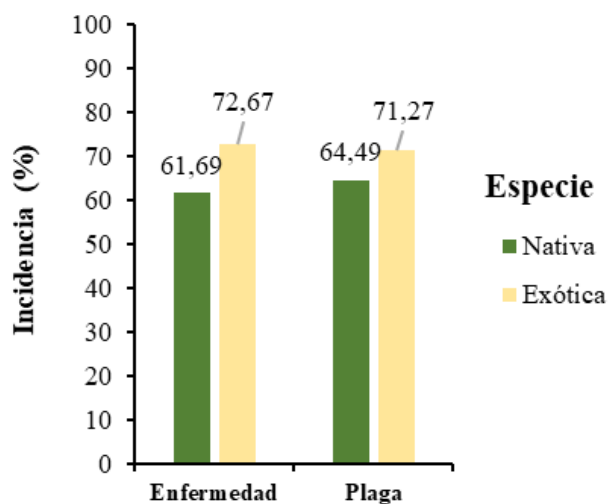


Figura 2. Incidencia de síntomas asociados a enfermedades y plagas en las especies nativas y exóticas del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Sintomatología-enfermedades

En lo concerniente a los tipos de sintomatología asociada a posibles enfermedades, los resultados muestran que los tumores y la clorosis o decoloración foliar fueron las manifestaciones visibles más frecuentes en el arbolado urbano de la ciudad de Loja (Figura 3). Estos síntomas fueron seguidos por exudados, muerte regresiva y pudrición de ramas, aunque en menor proporción.

Salix babylonica presentó la mayor frecuencia de sintomatología, con 49 % de individuos afectados. Le siguieron *Leucaena leucocephala*, *Pinus radiata*, *Syzygium jambos*, *Prunus serotina* y *Salix humboldtiana*, las cuales registraron valores superiores al 20 %. En contraste, *Eriobotrya japonica*, *Alnus acuminata* y *Psidium guajava* mostraron frecuencias inferiores al 10 %. La categoría “Otras” también presentó una incidencia reducida (menor al 10 %), mientras que el promedio general para todas las especies se situó alrededor del 15 %.

Estos resultados evidencian una marcada variabilidad en la frecuencia y tipo de síntomas entre especies, lo que señala una respuesta diferencial frente a los factores bióticos presentes en el entorno urbano, sin implicar diagnóstico etiológico ni susceptibilidad confirmada.

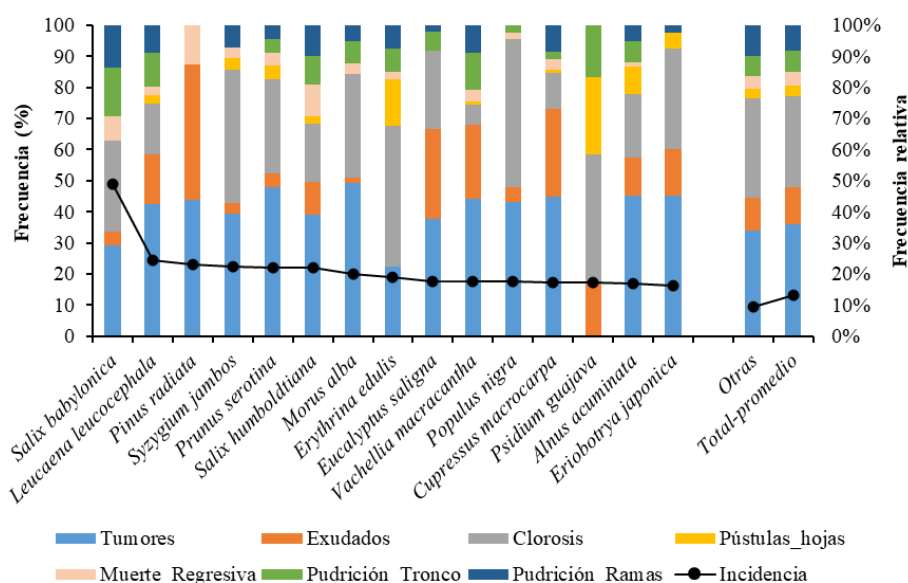


Figura 3. Frecuencia de categorías sintomatologías asociadas a enfermedades en especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

La Figura 4 muestra la distribución de la sintomatología asociada a posibles enfermedades en distintas especies arbóreas urbanas de la ciudad de Loja, diferenciada según la localización de los síntomas (fuste, hojas y ramas) y su incidencia porcentual. Se observó que *Salix babylonica* presentó la mayor frecuencia de sintomatología registrada (88 %), con manifestaciones visibles localizadas predominantemente en el fuste. Otras especies como *Syzygium jambos*, *Populus nigra* y *Morus alba* también mostraron valores elevados

(≈50 %). En contraste, especies como *Tecoma stans* y aquellas agrupadas en la categoría “Otras” registraron incidencias bajas, inferiores al 30 %.

En la mayoría de las especies analizadas, los síntomas se localizaron principalmente en el fuste, seguido por las hojas y en menor proporción por las ramas. El promedio general de incidencia para todas las especies evaluadas fue de aproximadamente 31 %, lo que refleja una presencia moderada de sintomatología visible en el arbolado urbano, sin implicar diagnóstico etiológico.

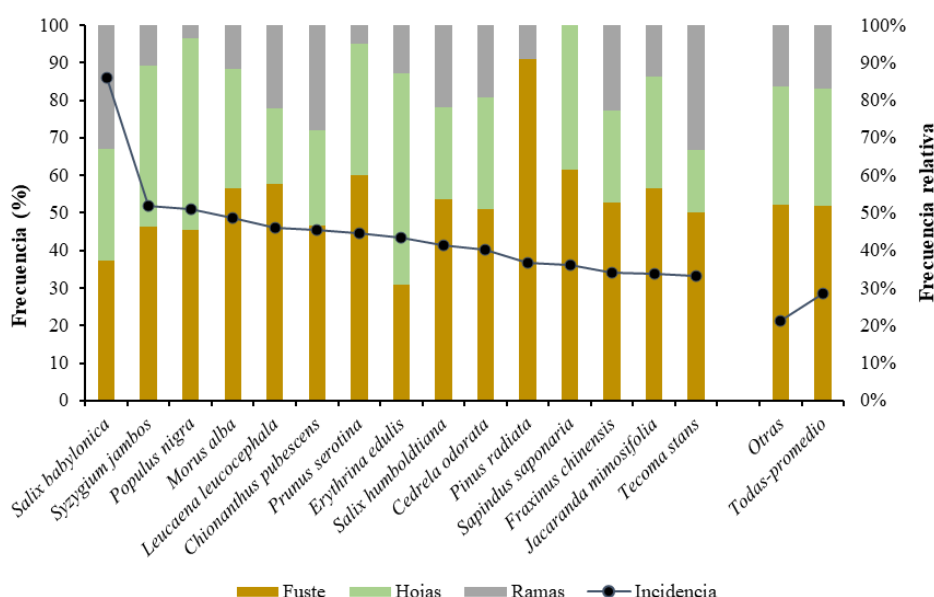


Figura 4. Localización e incidencia de sintomatología asociada a posibles enfermedades en los árboles urbanos de la ciudad de Loja.

En cuanto a la localización e incidencia de sintomatología asociada a posibles enfermedades en los árboles urbanos nativos, se observó que *Chionanthus pubescens* y *Erythrina edulis* registraron las mayores frecuencias, con valores superiores al 40 %. En contraste, *Handroanthus chrysanthus* y *Ceiba trischistandra* presentaron incidencias bajas, cercanas o inferiores al 10 %. En términos de localización, los síntomas se registraron principalmente en el fuste, seguido por las ramas y, en menor medida, por las hojas. Este patrón refleja una mayor concentración de sintomatología visible en estructuras leñosas de las especies nativas, sin implicar diagnóstico etiológico. El promedio general de incidencia en este grupo fue de aproximadamente 23 %, lo que indica una presencia baja a moderada de síntomas

en comparación con el promedio global del arbolado urbano (Figura 5a).

En cuanto a las especies exóticas, *Salix babylonica* y *Syzygium jambos* presentaron las mayores frecuencias de sintomatología registrada, con valores cercanos al 90 % y 55 %, respectivamente. En general, el fuste fue la parte más frecuentemente afectada en la mayoría de las especies, seguido por las hojas y, en menor proporción, por las ramas. La incidencia tendió a disminuir progresivamente en las especies restantes, con valores inferiores al 40 % en la mayoría de los casos. La categoría “Otras” presentó una incidencia baja, cercana al 20 %, mientras que el promedio total para todas las especies exóticas analizadas fue de aproximadamente 30 % (Figura 5b).

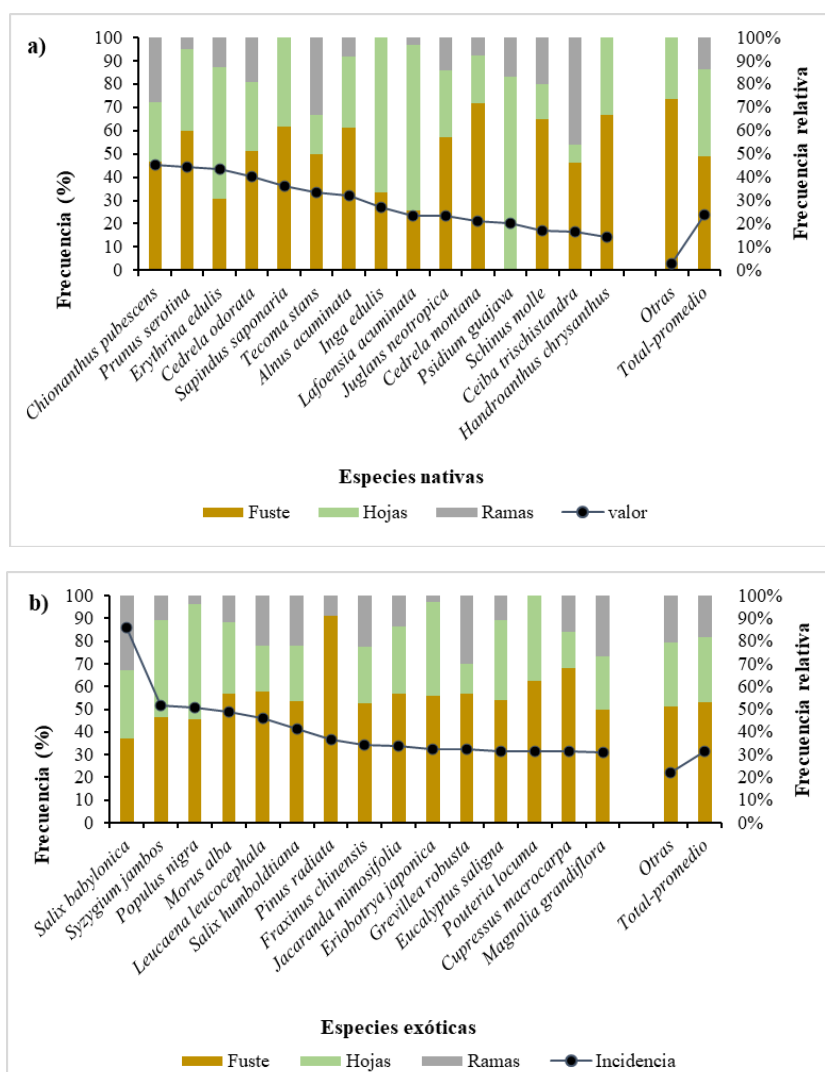


Figura 5. Localización e incidencia de sintomatología asociada a posibles enfermedades en los árboles urbanos, según la procedencia: a) especies nativas y, b) especies exóticas, de la ciudad de Loja.

Asociación entre sintomatología de posibles enfermedades y familias botánicas

El análisis de componentes principales (PCA) aplicado para examinar la asociación entre la sintomatología registrada y las familias botánicas presentes en el arbolado urbano de la ciudad de Loja mostró una distribución diferenciada de los grupos taxonómicos en función de los síntomas visibles. Las dos primeras dimensiones explicaron conjuntamente el 56,2 % de la varianza total (Dim1 = 35,3 % y Dim2 = 20,9 %) (Figura 6).

La familia Pinaceae presentó una asociación marcada con los exudados, evidenciando que este tipo de sintomatología fue relativamente más frecuente dentro del grupo. De manera similar, las

familias Fabaceae y Malvaceae se relacionaron con la presencia de muerte regresiva y pudrición del tronco, mientras que Salicaceae se asoció principalmente con la pudrición de ramas.

Por otro lado, síntomas como pústulas foliares, tumores y decoloración de hojas se vincularon con diversas familias, entre ellas Betulaceae, Moraceae, Myrtaceae, Rosaceae y Lythraceae. Es notable que Lythraceae mostró una asociación particularmente fuerte con la decoloración foliar, mientras que Casuarinaceae se relacionó con la presencia de pústulas.

En contraste, algunas familias como Euphorbiaceae, Proteaceae y Juglandaceae se ubicaron más alejadas de los vectores de sintomatología, lo

que sugieren una menor frecuencia de síntomas visibles detectados en estas familias bajo las condiciones evaluadas. Este patrón no implica resistencia fisiológica, sino únicamente una menor representación de síntomas en el conjunto de datos.

La pudrición de ramas presentó la mayor contribución dentro del PCA, con un valor superior al 34 %, seguida de muerte regresiva (27 %) y pudrición del tronco (19 %). Estas categorías sintomatológicas están asociadas con manifestaciones visibles compatibles con deterioro del tejido leñoso. En contraste, síntomas como tumores (9 %), decoloración foliar (6 %), exudados (6 %) y pústulas foliares (0,5 %) mostraron una contribución menor al patrón general de variación.

Estos resultados sugieren que la distribución de la sintomatología no es aleatoria, sino que presenta tendencias asociadas a afinidades filogenéticas y características anatómicas de las familias evaluadas. En particular, las familias predominantemente leñosas tienden a estar más representadas en categorías relacionadas con daños en estructuras lignificadas, mientras que familias de hoja ancha o con mayor superficie foliar muestran una mayor representación de síntomas foliares. No obstante, estas asociaciones reflejan únicamente patrones de frecuencia sintomatológica y no implican susceptibilidad fisiológica ni diagnóstico etiológico (Figura 6).

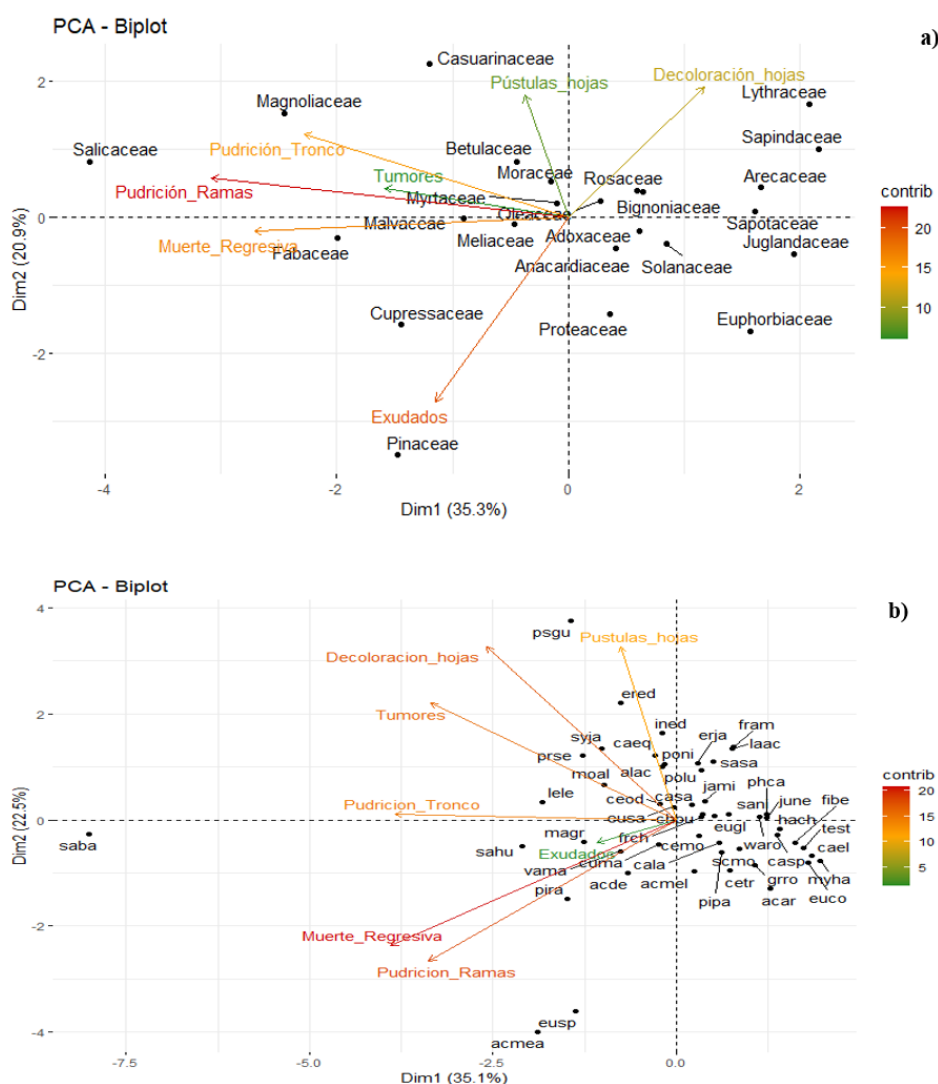


Figura 6. Análisis de componentes principales (PCA) de la relación entre las enfermedades con las: a) familias botánicas y b) especies, presentes en el arbolado urbano de la ciudad de Loja

Plagas

En lo referente a la incidencia y tipo de plagas en los árboles urbanos de la ciudad de Loja, se registró una alta frecuencia relativa de síntomas asociados a la presencia de hormigas, observándose en más del 70 % de los individuos evaluados en especies como *Psidium guajava*, *Caesalpinia spinosa*, *Sambucus nigra* e *Inga edulis*. El escarabajo barrenador y los minadores de hojas también mostraron una presencia notable, especialmente en *Leucaena leucocephala*, *Salix babylonica* y *Syzygium jambos* (Figura 7).

Por otro lado, síntomas vinculados con plagas como cochinillas, orugas o gusanos, mosca blanca, ácaros y pulgones presentaron frecuencias más bajas y distribuciones más restringidas. Las cochinillas se observaron principalmente

en *Sambucus nigra*, *Syzygium jambos*, *Juglans neotropica* y *Eriobotrya japonica*, mientras que las orugas y gusanos fueron registradas en *Inga edulis*, *Salix babylonica*, *Erythrina edulis*, *Juglans neotropica* y *Eriobotrya japonica*. La mosca blanca se detectó en *Erythrina edulis* y *Alnus acuminata*; los ácaros en *Sambucus nigra*, *Syzygium jambos* y *Eriobotrya japonica*; y los pulgones en *Syzygium jambos* y *Salix humboldtiana* (Figura 7).

La incidencia promedio general de plagas se mantuvo relativamente baja, con un 14,5 %, siendo *Psidium guajava* la especie con mayor incidencia (22 %) y el grupo clasificado como “Otras” el de menor incidencia (7 %). En conjunto, los resultados muestran una considerable diversidad de plagas presentes en el arbolado urbano, aunque su manifestación visible, evaluada a través de la incidencia sintomatológica, fue moderada.

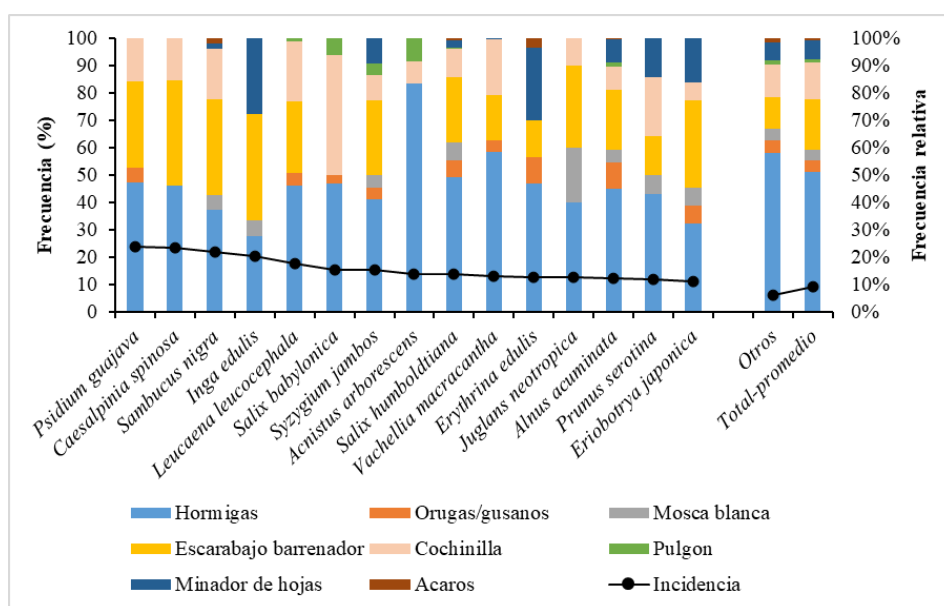


Figura 7. Frecuencia e incidencia de sintomatología asociada a plagas en las especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

La sintomatología asociada a plagas en los árboles urbanos de la ciudad de Loja se concentró principalmente en el fuste, con frecuencias superiores al 50 % en todas las especies analizadas, alcanzando valores cercanos al 80 % en *Ceiba trischistandra*, *Psidium guajava* y *Vachellia macracantha* (Figura 8). En menor medida, también se registraron síntomas en hojas y ramas, aunque con menor representación relativa.

Salix babylonica presentó la mayor incidencia de sintomatología asociada a plagas (superior al 60 %), seguida por *Inga edulis* y *Leucaena leucocephala*, ambas con valores por encima del 50 %. En contraste, especies como *Juglans neotropica* y aquellas agrupadas en la categoría “Otras” registraron incidencias más bajas, con valores inferiores al 30 %.

El promedio general de incidencia para todas las especies estudiadas fue de aproximadamente 33 %, lo que indica que la presencia de sintomatología vinculada a plagas es común, aunque su frecuencia varía de manera considerable entre especies.

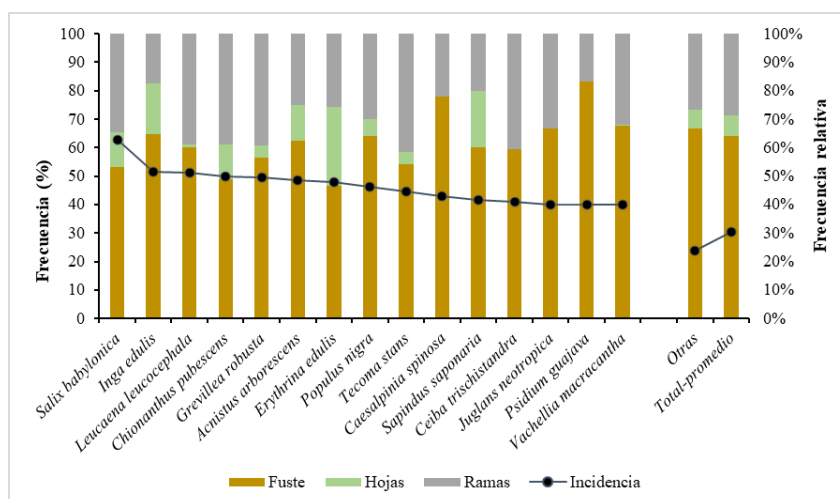


Figura 8. Localización e incidencia de sintomatología asociada a plagas en los árboles urbanos de la ciudad de Loja.

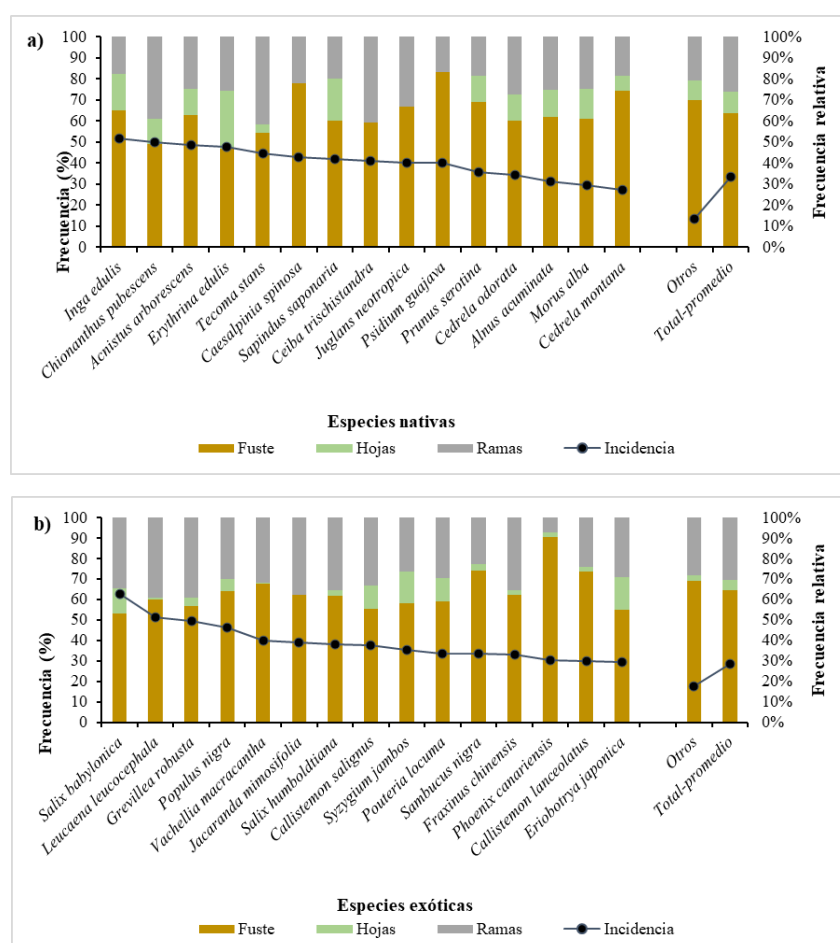


Figura 9. Localización e incidencia de sintomatología asociada a plagas en los árboles urbanos, según la procedencia: a) especies nativas y, b) especies exóticas, de la ciudad de Loja.

En cuanto a la localización e incidencia de sintomatología asociada a plagas en los árboles urbanos nativos, se observó que *Inga edulis*, *Chionanthus pubescens* y *Acnistus arborescens* registraron las mayores incidencias, con valores superiores al 48 %. En contraste, *Morus alba* y *Cedrela montana* presentaron las incidencias más bajas, cercanas o inferiores al 15 %. En términos de localización, los síntomas vinculados a plagas se registraron principalmente en el fuste, seguido por las ramas y, en menor medida, las hojas. Este patrón indica una mayor concentración de sintomatología visible en las estructuras leñosas de las especies nativas. El promedio general de incidencia en este grupo fue de aproximadamente 34 %, lo que representa una presencia baja a moderada de síntomas en comparación con el promedio global del arbolado urbano (Figura 9a).

En el caso de las especies exóticas, *Salix babylonica* y *Leucaena leucocephala* presentaron las incidencias más altas, con valores cercanos al 63 % y 51 %, respectivamente. De manera general, el fuste fue la parte del árbol donde se registró con mayor frecuencia la sintomatología asociada a plagas, seguido por las ramas y, en menor proporción, por las hojas. El promedio de incidencia para todas las especies exóticas fue de aproximadamente 30 %, lo que evidencia variaciones relevantes entre taxones y una distribución no uniforme de los síntomas en este grupo (Figura 9b).

Asociación entre las plagas y familias botánicas

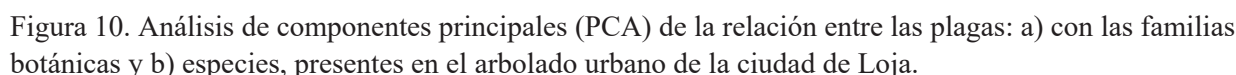
El análisis de componentes principales (PCA) aplicado para evaluar la asociación entre los diferentes tipos de plagas y las familias botánicas presentes en el arbolado urbano de la ciudad de Loja mostró una distribución diferenciada de los grupos taxonómicos en función de la

sintomatología registrada. Las dos primeras dimensiones explicaron conjuntamente el 53,2 % de la variabilidad total (Dim1 = 30,8 % y Dim2 = 22,4 %) (Figura 10).

Plagas como el escarabajo barrenador, la mosca blanca y la cochinilla presentaron una mayor contribución en la separación de las familias Adoxaceae, Juglandaceae y Salicaceae a lo largo del eje Dim1, lo que indica una mayor frecuencia relativa de estos tipos de síntomas en dichas familias. Por su parte, las hormigas y los pulgones se asociaron principalmente con la familia Solanaceae en Dim2, reflejando una coocurrencia sintomatológica más marcada en este grupo.

En contraste, los minadores de hojas, ácaros y larvas (orugas/gusanos) se ubicaron cerca del centro del biplot, lo que sugiere una distribución más homogénea de estos síntomas entre distintas familias. No obstante, las larvas mostraron una ligera afinidad hacia Casuarinaceae, Malvaceae y Sapotaceae. Adicionalmente, familias como Magnoliaceae, Euphorbiaceae, Bignoniaceae y Moraceae se agruparon en zonas del gráfico menos influenciadas por plagas específicas, indicando una menor representación de sintomatología asociada a estos grupos de insectos bajo las condiciones evaluadas.

Las plagas que mostraron mayor contribución relativa en el PCA fueron las hormigas (30 %), las cochinillas (29 %) y el escarabajo barrenador (21 %), siendo las que más aportaron a la diferenciación de las familias botánicas. Plagas como los pulgones y la mosca blanca presentaron contribuciones moderadas (10 % y 6 %, respectivamente). En cambio, las larvas, los ácaros y los minadores de hojas registraron contribuciones bajas (<5 %), reflejando una distribución más uniforme en el conjunto de datos (Figura 10).



Procedencia de las especies asociadas a la incidencia de plagas y enfermedades

reflejan una mayor expresión de sintomatología en especies introducidas bajo las condiciones del sitio de estudio evaluado.

Patrones similares han sido reportados en estudios previos, donde la flora exótica tiende a manifestar mayor diversidad y frecuencia de síntomas fitosanitarios en ambientes urbanos (Saavedra et al., 2016; Hernández et al., 2021). Estas diferencias han sido asociadas a factores como el estrés por establecimiento, la ausencia de historial ecológico compartido con los agentes bióticos locales y las condiciones microclimáticas urbanas, más que al origen biogeográfico en sí mismo (Arguedas y Rodríguez, 2021).

En particular, se ha documentado que muchas especies introducidas pueden responder de manera variable al estrés urbano, dependiendo de sus rasgos funcionales y de su capacidad de ajuste frente a condiciones como déficit hídrico, altas temperaturas o compactación del suelo (Pepe et al., 2022; Ruas et al., 2022). Estas respuestas heterogéneas explican por qué algunas especies introducidas muestran un desempeño adecuado, mientras que otras presentan una mayor recurrencia de síntomas en ambientes urbanos andinos.

El patrón observado en Loja coincide con la hipótesis del desajuste ecológico planteada por Tubby & Webber (2010) y retomada por Reséndiz et al. (2024), según la cual las especies exóticas pueden experimentar un mayor nivel de afectación fitosanitaria en ecosistemas donde la comunidad de organismos asociados es distinta a aquella con la que han evolucionado. Aunque en este estudio no se evaluaron mecanismos de defensa ni procesos coevolutivos, la mayor incidencia de síntomas en especies exóticas sugiere la existencia de interacciones bióticas menos equilibradas en comparación con las especies nativas.

Asimismo, investigaciones como las de Giraldo Aristizábal et al. (2022) señalan que la expresión de síntomas en especies introducidas suele ser más notoria durante las primeras fases de establecimiento o en ambientes que difieren de forma considerable de su área de distribución original, lo cual coincide con lo observado en varias de las especies exóticas evaluadas en Loja.

Estos resultados tienen implicaciones relevantes para la gestión y planificación del arbolado urbano. Una mayor expresión de síntomas fitosanitarios en especies exóticas podría afectar su desempeño a largo plazo, incrementar los costos de mantenimiento y elevar el riesgo de fallas estructurales. Por ello, es necesario integrar criterios fitosanitarios, rasgos funcionales y antecedentes de desempeño urbano en la selección de especies para programas de arborización, priorizando aquellas que muestren buenos niveles de estabilidad y menor recurrencia de síntomas en el contexto local.

Sintomatología de enfermedades

Las sintomatologías de canchros, clorosis, exudados, muerte regresiva y pudrición de ramas; son asociados a la presencia de patógenos que producen daños en tejidos leñosos constituyen las manifestaciones más recurrentes en el arbolado urbano evaluado.

La persistente aparición de canchros se manifiesta como una respuesta típica en árboles debilitados, resultado de diversos factores asociados al entorno urbano donde se desarrollan las especies (Cibrián et al., 2001; Hernández et al., 2022). El avance de la enfermedad afecta tanto tejidos jóvenes como ramas de mayor edad (Alexopoulos & Mims, 1985). Además, los canchros no solo deterioran la apariencia del arbolado, sino que comprometen seriamente su estabilidad estructural: pueden provocar quiebres en los puntos afectados, levantamiento de la corteza o formación de cavidades, aumentando el riesgo de fallas en la madera próxima a la lesión (Boa, 2008).

Los resultados muestran coincidencias con estudios realizados en otras ciudades latinoamericanas. En el arbolado urbano de Ciudad de México, los síntomas predominantes fueron manchas foliares, clorosis, cenicillas, royas, canchros y muerte regresiva en ramas y fuste (Reséndiz et al., 2024). De igual manera, Posada y Ramos (2012) reportaron que la quemazón, la clorosis y las manchas fueron los síntomas más frecuentes en el arbolado urbano de Bogotá, superando algunos de ellos el 5 % de presencia.

El fuste y las hojas, tanto en especies nativas como exóticas, mostraron mayor presencia de signos ocasionados por fitopatógenos. Arguedas y Rodríguez (2021) señalan que el follaje urbano suele presentar numerosas afecciones fúngicas responsables de necrosis, tizones y manchas, afectando el valor estético y la fisiología del árbol. Tattar (1978) y Agrios (2005) destacan que los canchros son uno de los daños más comunes en las ramas y el fuste de árboles sometidos a estrés urbano. Asimismo, Arguedas (2007) documentó severas defoliaciones provocadas por hongos en el arbolado urbano de San José, Costa Rica, lo cual coincide con lo observado en este estudio.

La sintomatología registrada en el fuste (cancros) y en las hojas (clorosis) puede presentar orígenes tanto bióticos como abióticos. Los canchros se asocian con frecuencia a infecciones fúngicas o bacterianas que se desarrollan cuando el árbol ha sido debilitado por estrés hídrico, compactación del suelo o daños mecánicos (Arguedas y Rodríguez, 2021). Por su parte, la clorosis foliar puede deberse a deficiencias nutricionales, exceso de sales, contaminación atmosférica o la acción de patógenos específicos (Percival y Sheriffs, 2002; Thomas et al., 2016; Lodh et al., 2020). Esta diversidad de causas dificulta la identificación precisa del agente responsable, por lo que es importante considerar el contexto ecológico, las prácticas de manejo urbano y el historial sanitario del árbol al interpretar la sintomatología.

Sintomatología según procedencia

La incidencia de sintomatología asociada a enfermedades en el arbolado urbano mostró diferencias marcadas según la procedencia de las especies. Entre las nativas, *Chionanthus pubescens* presentó una incidencia relativamente baja (40 %), mientras que entre las exóticas *Salix babylonica* registró la sintomatología más elevada (90 %), lo que evidencia una mayor susceptibilidad de las especies introducidas bajo las condiciones urbanas de Loja.

Estos resultados coinciden con diversos estudios que indican que las especies nativas tienden a mostrar mayor resiliencia frente a factores bióticos como plagas y enfermedades, debido a su coevolución con la biota local y su adaptación a las condiciones ambientales propias de la región. En este sentido, Mihai et al. (2023) señalan que *Chionanthus pubescens*, especie nativa del Ecuador, presenta una elevada actividad antioxidante y un alto contenido fenólico en hojas y frutos, características que pueden contribuir a su tolerancia frente al estrés biótico y abiótico.

En contraste, la susceptibilidad de *Salix babylonica* especie exótica ampliamente utilizada en arborización urbana ha sido documentada en diversos entornos, especialmente en condiciones de humedad elevada, compactación del suelo y daños

mecánicos, los cuales facilitan el establecimiento de patógenos fúngicos y bacterianos (Jim, 2005). Este patrón concuerda con lo observado en Loja, donde esta especie presentó una alta frecuencia de síntomas leñosos y foliares.

De forma complementaria, Sjöman et al. (2012) y Alvey (2006) destacan que las especies nativas suelen estar mejor adaptadas al clima, los suelos y los microorganismos locales, lo que les confiere una ventaja frente a estresores urbanos. En cambio, las especies exóticas pueden carecer de resistencia genética frente a los patógenos predominantes en el nuevo ambiente, aumentando su vulnerabilidad y la probabilidad de manifestar sintomatología caracterizada por daños en fuste, hojas y ramas (Nowak et al., 2004).

Asociación entre enfermedades y familias botánicas

El análisis de componentes principales (PCA) aplicado a la relación entre las enfermedades y las familias botánicas del arbolado urbano de la ciudad de Loja evidenció que la susceptibilidad fitosanitaria no se distribuye al azar, sino que responde a características estructurales y filogenéticas compartidas entre los grupos taxonómicos. Estos patrones refuerzan la existencia de una organización no aleatoria en la asociación entre síntomas y familias, lo cual coincide con el comportamiento esperado en comunidades vegetales sometidas a condiciones urbanas (Saltos, 2019; Legendre & Legendre, 2012).

Entre los hallazgos más relevantes se observó que Pinaceae presentó una alta contribución al eje principal del PCA, asociándose estrechamente con la presencia de exudados, lo cual sugiere respuestas frecuentes a daños vasculares y heridas exudativas, típicas de especies con elevados contenidos resinosos. De manera similar, las familias Salicaceae, Fabaceae y Malvaceae mostraron asociaciones significativas con pudrición de ramas, pudrición del tronco y muerte regresiva, síntomas relacionados con deterioro avanzado del tejido leñoso y con la acción de patógenos fúngicos y bacterianos que afectan la conducción de savia (Coto, 2007; Araya, 2005; Boa, 2008).

Por su parte, los síntomas foliares tumores, pústulas y decoloración de hojas se registraron con mayor frecuencia en Rosaceae, Betulaceae, Moraceae, Myrtaceae y Lythraceae, lo que podría deberse a particularidades morfoanatómicas del follaje, tales como la disposición estomática, grosor de la cutícula o tipos de compuestos fenólicos (Tattar, 1978; Agrios, 2005). En particular, Lythraceae se relacionó estrechamente con la decoloración foliar, mientras que Casuarinaceae mostró afinidad con la aparición de pústulas, evidenciando patrones sintomáticos diferenciados entre familias.

En contraste, familias como Euphorbiaceae, Proteaceae y Juglandaceae presentaron una baja incidencia de sintomatología detectable, lo que podría indicar una resistencia relativa asociada a adaptaciones anatómicas de la madera, presencia de tejidos con propiedades antifúngicas o una menor exposición a factores predisponentes en condiciones urbanas (Perilla-Henao y Franco-Lara, 2013; Reséndiz et al., 2024; Martínez et al., 2020).

Estos resultados refuerzan la idea de que las características filogenéticas y anatómicas influyen de manera importante en la predisposición de las especies arbóreas a ciertos tipos de enfermedades, planteando desafíos relevantes para la gestión preventiva en entornos urbanos diversos. La incorporación de criterios fitosanitarios basados en la susceptibilidad familiar permite seleccionar especies con menor propensión a enfermedades estructurales severas, favoreciendo la longevidad del arbolado urbano, la provisión sostenida de servicios ecosistémicos y la seguridad del espacio público (Sjöman et al., 2012; Raum et al., 2023).

Finalmente, la agrupación de familias observada en el PCA podría explicarse también por convergencias anatómicas más que por afinidad taxonómica estricta. Estudios sobre la relación entre la anatomía de la madera y la vulnerabilidad al estrés urbano (Barotto et al., 2018; Monteoliva et al., 2016) demuestran que especies con vasos más pequeños y mayor densidad leñosa toleran mejor las condiciones adversas, mientras que aquellas con maderas más porosas como varias especies de Salicaceae son más susceptibles a pudriciones y daños vasculares, lo cual coincide con los patrones registrados en este estudio.

Plagas

La evaluación fitosanitaria del arbolado urbano de Loja evidenció que las plagas más determinantes fueron las hormigas, con más del 70 % de frecuencia relativa en varias especies, seguidas de cochinillas y barrenadores. Aunque la incidencia promedio general se mantuvo en rangos moderados (7–22 %), el peso desproporcionado de unos pocos grupos confirma que el riesgo fitosanitario no depende de la diversidad de plagas, sino de su capacidad de interacción, persistencia y asociación con factores predisponentes del entorno urbano.

Las hormigas desempeñan un doble rol en el arbolado: actúan como plagas directas mediante defoliación y formación de galerías en el fuste, y a la vez facilitan el establecimiento de cochinillas y áfidos al protegerlos y transportarlos para obtener melaza. Este mutualismo insecto–insecto intensifica el daño y favorece el desarrollo de fumagina (*Capnodium* spp.). Estos resultados coinciden con estudios realizados en entornos urbanos de Colombia (Herrera Clavijo, 2021) y México (Martínez et al., 2020), donde se ha demostrado que la presencia de hormigas amplifica las infestaciones de hemípteros, aumentando la severidad del daño fitosanitario.

Las cochinillas se presentaron principalmente en especies como *Sambucus nigra*, *Syzygium jambos* y *Juglans neotropica*, generando deformaciones y clorosis en ramas jóvenes. Este patrón coincide con lo observado en Cuenca, Ecuador, donde *Planococcus citri* es persistente en áreas urbanas (Saldaña y Vera, 2019). A su vez, el escarabajo barrenador y los minadores de hojas mostraron mayor incidencia en especies sensibles como *Leucaena leucocephala* y *Salix babylonica*, lo que resalta la importancia de considerar el daño estructural en fuste y ramas como un eje crítico de riesgo. Hallazgos similares han sido documentados en *Juglans neotropica* y *Quercus humboldtii* en Colombia (Giraldo Aristizábal et al., 2022). De igual forma, se ha señalado que Fabaceae es una de las familias más afectadas por organismos nocivos e insectos fitófagos (Castillo Reyes, 2022; Hernández Guanche et al., 2022).

Los resultados de localización confirmaron que el fuste fue el órgano más afectado, registrándose más del 50 % de incidencia y alcanzando cerca del 80 % en especies como *Psidium guajava* y *Ceiba trischistandra*. Esto refuerza que los daños leñosos constituyen la principal amenaza estructural en ambientes urbanos. Estudios internacionales señalan que la compactación del suelo, la impermeabilización, la contaminación y el calor urbano predisponen a los árboles a infecciones y ataques de perforadores (Zemek y Pastirčáková, 2023). En este contexto, incluso incidencias moderadas pueden evolucionar hacia brotes severos cuando coexisten con factores abióticos adversos, como advierte Raum et al. (2023).

Finalmente, la evidencia de múltiples estudios (Gil-P et al., 2004; Samaniego-Gaxiola et al., 2008; Alvidrez-Villarreal et al., 2010) confirma que los barrenadores no solo dañan el tejido leñoso, sino que actúan como vectores de hongos fitopatógenos como *Fusarium solani* y *F. oxysporum*. Este mecanismo explica las altas incidencias de pudrición y muerte regresiva registrada en familias como Juglandaceae y Salicaceae, donde las heridas generadas por los insectos facilitan la colonización fúngica y aceleran el deterioro del tejido.

Asociación entre plagas y familias botánicas

El análisis de componentes principales (PCA) confirma que la susceptibilidad a la presencia de plagas no es aleatoria, sino que responde a patrones asociados a las familias botánicas y sus rasgos funcionales. Hormigas, cochinillas y el escarabajo barrenador explicaron cerca del 80 % de la diferenciación entre las familias, destacándose mayor vulnerabilidad en Adoxaceae, Juglandaceae y Salicaceae. Por otro lado, las Solanaceae se asociaron a la interacción hormigas-áfidos, reforzando la importancia de los grados de mutualismo en la dinámica de infestaciones urbanas.

Al ampliar la comparación con estudios regionales, emergen asociaciones específicas entre plagas y familias. En Anacardiaceae, especies como *Schinus molle* (Herrera Clavijo, 2021) y *S. terebinthifolia* han sido reportadas con infestaciones de psílidos (*Calophya schini*) y de la avispa *Megastigmus transvaalensis*, lo que evidencia la fragilidad de

especies ornamentales ampliamente plantadas en ciudades andinas (Ferreira-Filho et al., 2015).

En Arecaceae, que dominan el arbolado urbano de Puyo, se han documentado plagas como el ácaro rojo (*Raoiella indica*) (Sarmiento Rosero, 2020) y la escama blanca del cocotero (*Parlagena bennetti*), ambas consideradas amenazas crecientes y con reportes confirmados en Colombia (Bustillo Pardey et al., 2015).

En el caso de Juglandaceae, particularmente *Juglans neotropica*, los resultados coinciden con los reportes de Colombia, donde la especie es un hospedero sensible a hongos como *Colletotrichum* y *Fusarium*, así como a plagas perforadoras (Giraldo Aristizábal et al., 2022). Esta evidencia justifica la implementación de programas de poda fitosanitaria preventiva orientados a reducir la entrada de patógenos a través de heridas.

Asimismo, Malvaceae (por ejemplo, *Hibiscus*) ha sido reportada en Cuba con afectaciones por insectos fitófagos en más del 70 % de los individuos (Hernández Martínez et al., 2021), un patrón coherente con su asociación en nuestro PCA a insectos hemípteros. De forma similar, Myrtaceae (*Syzygium jambos*, *Eucalyptus*) presenta susceptibilidad a psílidos, avispas de agallas y hongos de la corteza, con incrementos documentados en múltiples regiones de Colombia (Herrera Clavijo, 2021).

Otras familias reportadas en la literatura internacional, aunque no registradas en Loja, son Oleaceae, afectada por el barrenador esmeralda del fresno (*Agrilus planipennis*) (Raum et al., 2023), y Sapindaceae/Hippocastanaceae, susceptibles al minador de la hoja *Cameraria ohridella* (Dziêgielewska et al., 2017). Estos casos constituyen advertencias preventivas frente al riesgo de introducción accidental de plagas invasoras capaces de alterar drásticamente la composición del arbolado urbano.

Factores ambientales, de manejo y vulnerabilidad ecológica

La presencia de plagas y enfermedades en el arbolado urbano de Loja no responde únicamente a las características biológicas de las especies, sino también a una combinación de factores

ambientales y de manejo que condicionan su estado fitosanitario. El estrés ambiental urbano marcado por la compactación del suelo, la contaminación atmosférica, la impermeabilización y el efecto de isla de calor debilita la capacidad natural de defensa de los árboles, haciéndolos más propensos al ataque de insectos y patógenos (Del-Rosario et al., 2023). A ello se suman prácticas inadecuadas de manejo, como podas mal ejecutadas, cortes sin sellado y ausencia de mantenimiento preventivo, que generan heridas abiertas y facilitan la entrada de organismos dañinos (Garrido Aguilar et al., 2023).

Otro factor determinante es la selección poco técnica de especies, especialmente exóticas, sin considerar criterios sanitarios, rasgos funcionales o niveles de adaptación ecológica. Esta problemática, también documentada en otras ciudades latinoamericanas, incrementa la vulnerabilidad colectiva del arbolado y reduce su resiliencia frente a perturbaciones urbanas (Reséndiz Martínez et al., 2024). Paralelamente, el cambio climático, al modificar los patrones de temperatura, precipitación y humedad, favorece la proliferación y dispersión de plagas y enfermedades, además de facilitar la introducción y establecimiento de patógenos no autóctonos en ambientes urbanos (Tubby & Webber, 2010; Paap et al., 2017).

Estos resultados refuerzan la hipótesis del desajuste ecológico, según la cual muchas especies exóticas carecen de defensas coevolutivas frente a los organismos locales, lo que incrementa su susceptibilidad a infecciones fúngicas, daños vasculares y ataques de insectos perforadores. En consecuencia, su permanencia a largo plazo en el ecosistema urbano puede verse comprometida, afectando tanto la estabilidad estructural del arbolado como los servicios ecosistémicos que este proporciona.

El análisis de componentes principales (PCA) complementa esta interpretación, al evidenciar que hormigas, cochinillas y escarabajos barrenadores son los grupos de plagas con mayor influencia en la vulnerabilidad de las familias botánicas. La presencia de estos grupos explica gran parte de la variabilidad observada en la incidencia de daños,

lo que confirma su papel central en la dinámica fitosanitaria del arbolado urbano. Por ello, se recomienda que estos tres grupos sean prioritarios en los programas de monitoreo, prevención y manejo urbano, considerando tanto su impacto directo sobre el tejido leñoso como su capacidad para favorecer infecciones fúngicas secundarias en árboles debilitados.

■ CONCLUSIONES

Las especies exóticas presentaron una mayor incidencia de enfermedades y plagas que las especies nativas, lo que confirma que la procedencia influye significativamente en el estado fitosanitario del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Las enfermedades estructurales, como tumores, pudriciones y muerte regresiva, fueron más frecuentes en especies exóticas, incrementando su riesgo biomecánico y, con ello, la probabilidad de caídas, fracturas y mayores costos de manejo y mantenimiento urbano.

El fuste fue el órgano más afectado, seguido de las hojas y las ramas, lo que evidencia que los daños leñosos representan el principal foco de vulnerabilidad sanitaria en el arbolado urbano.

Los síntomas más frecuentes registrados fueron tumores, clorosis y exudados, mientras que las plagas predominantes correspondieron a hormigas, cochinillas y escarabajos barrenadores, grupos que mostraron un papel central en la afectación fitosanitaria observada.

Se identificaron patrones filogenéticos claros en la susceptibilidad a plagas y enfermedades entre familias botánicas. Salicaceae, Fabaceae, Malvaceae y Magnoliaceae se asociaron con pudriciones y muerte regresiva; Pinaceae con exudados; y Lythraceae, Rosaceae y Betulaceae con síntomas foliares. En contraste, Euphorbiaceae, Proteaceae, Juglandaceae y Sapotaceae mostraron menor susceptibilidad general.

Las especies más susceptibles a plagas y enfermedades fueron *Salix babylonica*, *Leucaena leucocephala*, *Pinus radiata*, *Syzygium jambos*, *Prunus serotina* y *Salix humboldtiana*, todas con

Fernández, P., Lozano, D., Armijos-Montaña, A., Jumbo, N., 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>

altos niveles de incidencia y síntomas estructurales recurrentes.

Las especies con menor incidencia y mayor estabilidad sanitaria fueron *Caesalpinia spinosa*, *Myrcianthes hallii*, *Castilla elastica*, *Tecoma stans*, *Acnistus arborescens* y *Ficus benjamina*, posicionándolas como alternativas adecuadas para programas de arborización urbana en Loja.

■ AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Loja por el financiamiento para el desarrollo de los proyectos 17-DI-FARNR-2021 y 52-DI-FARNR-2025, al personal técnico y al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Carrera de Agronomía, además de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal por la recolección de información en campo.

■ CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Conceptualización: PF y DL; Metodología: PF y DL; Análisis formal: DL; Investigación: PF, DL, DP, NJ, AA; Curación de datos: DL y DP; Redacción, preparación del borrador original: PF, DL, DP, NJ, AA; Redacción revisión y edición: PF, NJ, AA; Visualización: AA; Supervisión: PF, DL, NJ. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito. Paulina Fernández: PF. Deicy Lozano: DL. Nohemí Jumbo: NJ. Darwin Pucha: DP. Andrés Armijos Montaña: AA

■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrios, G. N. (2005). Fitopatología (2ª ed.). Limusa - Grupo Noriega Editores.

Alvidrez-Villarreal, R., Hernández-Castillo, F. D., García-Martínez, O., Mendoza-Villarreal, R., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar-González, C. N. (2010). Metabolitos secundarios en tejido de nogal pecanero dañado por el barrenador ambrosial (*Euplatypus segnis* Chapuis) y hongos asociados. *Revista Agraria – Nueva Época*, 7(1–3), 26–29. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Alvey, A. A. (2006). Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5(4), 195–201. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.09.003>

Alexopoulos, C. J., & Mims, C. W. (1985). Introducción a la micología. Omega.

Araya, C. (2005). Manual de sanidad forestal para técnicos de campo. CATIE.

Arguedas, M. (2007). Hongos y afecciones del follaje en arbolado urbano de San José, Costa Rica. Editorial Universidad Nacional.

Arguedas, M., y Rodríguez, M. (2021). Protección fitosanitaria del arbolado urbano en San José, Costa Rica. *Repertorio Científico*, 24(1). <https://doi.org/10.22458/rc.v24i1.3096>

Barotto, A. J., Monteoliva, S., Gyenge, J. E., & Martínez-Meier, A. (2018). Functional relationships between wood structure and vulnerability to xylem cavitation in races of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology*, 38(2), 243–254. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpx112>

Boa, E. (2008). Guía ilustrada sobre el estado de salud de árboles: reconocimiento e interpretación de síntomas y daños (D. A. Villeda, Trad.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/4/y5041s/y5041s00.pdf>

Bustillo Pardey, A. E., Montes Bazurto, L. G., & Kondo, T. (2015). La escama blanca del cocotero, *Parlagena bennetti* Williams (Hemiptera: Diaspididae), nueva plaga de la palma de aceite y otras plantas en Colombia. En J. L. Jaramillo González (Ed.), *Memorias & Resúmenes Congreso Colombiano de Entomología*, 42 Congreso SOCOLEN (p. 483). Sociedad Colombiana de Entomología – SOCOLEN. https://www.socolen.org.co/files/ugd/040ab7_6b334223a7b940b69a150d4b514039b3.pdf

Castillo Rodríguez, L., y Ferro Cisneros, S. A. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: “verde con pespuntos negros”. *Arquitectura y Urbanismo*, 36(1), 5–24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9901859>

Castillo Reyes, G. S. (2022). Análisis del arbolado y áreas verdes de la zona urbana del cantón Manta [Trabajo de titulación, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4817>

Cibrián, T. D., Sánchez Sámano, J., & Zamudio Valencia, A. (2001). Diagnóstico fitosanitario del Olmo Chino (*Ulmus parvifolia* Jacq.) en la Delegación Iztacalco de la Ciudad de México. <https://revistas.chapingo.mx/forestales/index.php?section=articles&subsec=issues&numero=24&articulo=355>

Coto, D. (2007). Fitopatología forestal: síntomas, causas y diagnóstico de enfermedades de árboles. Universidad de Costa Rica.

- Fernández, P., Lozano, D., Armijos-Montaña, A., Jumbo, N., 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>
- Del-Rosario, E., Espinosa, A., Romero, I., y Sarmiento, A. (2023). Estado fitosanitario de 5 especies arbóreas, en relación al nivel de contaminación por tráfico vehicular. En XIX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología - APANAC 2023 (pp. 326-333). Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (APANAC). <https://doi.org/10.33412/apanac.2023.3955>
- Dzięgielewska, M., Adamska, I., Mikiciuk, M., Nowak, G., & Ptak, P. (2017). Effects of biotic and abiotic factors on the health of horse chestnut trees in an urban area of north-western Poland. *Ecological Questions*, 27, 25–38. <https://doi.org/10.12775/EQ.2017.025>
- Ferreira-Filho, P. J., Piña-Rodrigues, F., Silva, J., Guerreiro, J. C., Ghiotto, T. C., Piotrowski, I., & Zanuncio, J. C. (2015). The exotic wasp *Megastigmus transvaalensis* (Hymenoptera: Torymidae): First record and damage on the Brazilian peppertree, *Schinus terebinthifolius* drupes, in São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87, 2091–2095.
- Ferrini, F., & Fini, A. (2011). Urban tree risk assessment: Visual assessment methodology and management implications. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10(3), 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.05.002>
- Fortin, M.-J., & Dale, M. R. T. (2005). *Spatial analysis: A guide for ecologists*. Cambridge University Press.
- Garrido Aguilar, L. F., Carvajal Benavides, J. G., Valencia Valenzuela, X. G., Varela Molina, I. E. M., & Cuarán Guerrero, M. J. (2023). Diagnóstico del arbolado urbano en la ciudad de Ibarra, como base para una gestión de arbolado más humano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 5613–5632. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5743
- Georgescu, M., Morefield, P. E., Bierwagen, B. G., y Sailor, D. J. (2014). Urban adaptation can roll back warming of emerging megapolitan regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(8), 2909–2914. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322280111>
- Gil-P., Z. N., Bustillo Pardey, A. E., Gómez, D. E., & Marín M., P. (2004). *Corthylus* n. sp. (Coleoptera: Scolytidae), plaga del aliso en la cuenca del río Blanco en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 30(2), 171–178. <https://doi.org/10.25100/socolen.v30i2.9548>
- Giraldo Aristizábal, C. I., Mera Velasco, Y. A., Rivas Zúñiga, S. C., Muñoz Lara, D. G., Acosta Hílamo, L. M., Pérez Muñoz, N., Villalba Malaver, J. C., y Ordoñez Hoyos, A. E. (2022). Evaluación fitosanitaria de *Juglans neotropica* y *Quercus humboldtii* en arbolado urbano de Popayán-Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 46(180). <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1542>
- Hernández Guanche, L., Hernández Martínez, F. R., & Dago Dueñas, Y. (2022). Organismos nocivos en el arbolado urbano en la ciudad de Pinar del Río, Cuba. *Revista CFORES*, 10(2), 230–243. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/753>
- Hernández Martínez, F. R., Guanche Hernández, L., y Sánchez Acosta, C. (2021). Plagas forestales del arbolado urbano “Reperto Hermanos Cruz”, Pinar del Río, Cuba. *Avances*, 23(2). <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869392008/html/>
- Herrera Clavijo, C. A. (2021). Impacto de la interacción hormiga-cochinilla en el arbolado urbano de Colombia [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional.
- James, W. C. (1971). An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. *Canadian Plant Disease Survey*, 51(2), 39–65. [https://phytopath.ca/wp-content/uploads/cpds-archive/vol51/CPDS_Vol_51_No_2_\(39-65\)1971.pdf](https://phytopath.ca/wp-content/uploads/cpds-archive/vol51/CPDS_Vol_51_No_2_(39-65)1971.pdf)
- Jim, C. Y. (2005). Monitoring the health and structure of urban trees using ground-based photographic technique. *Arboricultural Journal*, 28(3), 231–247. <https://doi.org/10.1080/03071375.2005.9747472>
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology* (3rd ed.). Elsevier.
- Lodh, J., Das, A., & Saha, A. (2020). Impact of air pollution on leaf chlorosis and biochemical attributes of selected roadside tree species. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 1162–1174. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06841-2>
- Martínez, R., Preciado, P., Gutiérrez, M., Viveros, A., & Ruiz, D. (2020). Predominance of forest species and association of phytopathogenic fungi in trees of Mexico City. *Biotecnia*, 26(2), 74–82. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26i2.1350>
- Mendieta, J. (2020). Caracterización climática de la ciudad de Loja. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Mihai, R. A., Espinoza Caiza, I. A., Melo Heras, E. J., Florescu, L. I., & Catana, R. D. (2023). Comparative assessment of antioxidant activity and functional components of *Chionanthus virginicus* and *Chionanthus pubescens* from the Andean region of Ecuador. *Pharmaceutics*, 15(6), 1676. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15061676>

- Fernández, P., Lozano, D., Armijos-Montaña, A., Jumbo, N., 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>
- Monteoliva, S., y Cerrillo, R. M. N. (2017). Anatomía y densidad de la madera en *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus* y *E. grandis* cultivados en Argentina. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 19(1), 3–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2017005000001>
- Nowak, D. J., Rowntree, R. A., McPherson, E. G., Sisinni, S. M., Kerkmann, E. R., & Stevens, J. C. (2004). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning*, 36(1), 49–57. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(96\)00324-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(96)00324-6)
- Paap, T., Smiley, E., & Watson, G. (2017). Guide to urban tree risk assessment and management. International Society of Arboriculture. <https://www.isa-arbor.com>
- Percival, G. C., & Sheriffs, C. N. (2002). Identification of foliar nutrient deficiencies in urban trees: Visual symptoms and tissue analysis. *Arboricultural Journal*, 26(4), 297–318. <https://doi.org/10.1080/03071375.2002.9747323>
- Perilla-Henao, L. M., y Franco-Lara, L. (2014). Especies Arbóreas de las Familias Euphorbiaceae, Pittosporaceae y Salicaceae son Infectadas por ‘CA. Phytoplasma fraxini’ y ‘CA. Phytoplasma asteris’ en Infecciones Mixtas en Bogotá, Colombia. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 9(2), 248–265. <https://doi.org/10.18359/rfcb.386>
- Pepe, M., Crescente, M. F., & Varone, L. (2022). Effect of water stress on physiological and morphological leaf traits: A comparison among the three widely-spread invasive alien species *Ailanthus altissima*, *Phytolacca americana*, and *Robinia pseudoacacia*. *Plants*, 11(7), 899. <https://doi.org/10.3390/plants11070899>
- Posada, R., y Ramos Montaña, C. (2012). Efecto de la precipitación en la distribución de insectos plaga y síntomas de enfermedades en el arbolado urbano de Bogotá. En *Primer Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana* (págs. 1641–1652). Universidad Nacional de General Sarmiento. <https://www.researchgate.net/publication/270451044>
- Pucha-Cofrep, D. A., Lozano, D., Jumbo, N., Fernández, P., Armijos, A., Macas, M. F., Gualán, R., y Merino, B. (2023). Caracterización florística y estructura del arbolado urbano de la ciudad de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 1–22. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1886>
- Raum, S., Collins, C. M., Urquhart, J., Potter, C., Pauleit, S., & Egerer, M. (2023). Tree insect pests and pathogens: A global systematic review of their impacts in urban areas. *Urban Ecosystems*, 26(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11252-022-01317-5>
- Reséndiz, J., Gutiérrez, M., Preciado, P., Viveros, A., y Ruiz, D. (2024). Predominancia de especies forestales y asociación de hongos fitopatógenos en árboles de la Ciudad de México. *Biotecnia*, 27(1), 45–53. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2156>
- Romero, A., Pardo Reyes, P. S., Cabrera Verdesoto, R. P., y Cabrera Verdesoto, C. A. (2025). Impacto del arbolado urbano en la calidad del aire de barrios urbanos de la ciudad de Manta, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 6(14), 341–353. <https://doi.org/10.56519/5a0p0c34>
- Ruas, R. de B., Costa, L. M. S., & Bered, F. (2022). Urbanization driving changes in plant species and communities – A global view. *Global Ecology and Conservation*, 38, e02243. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02243>
- Saavedra-Romero, L. de L., Alvarado-Rosales, D., Hernández-de la Rosa, P., Martínez-Trinidad, T., Mora-Aguilera, G., & Villa-Castillo, J. (2016). Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Maderas y Bosques*, 22(2), 15–27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61749306012>
- Salto, E. (2019). Manual técnico de evaluación fitosanitaria en especies arbóreas urbanas. UTA Editorial.
- Saldaña Reyes, M. V., & Vera Balbuca, K. F. (2019). Diagnóstico de plagas y enfermedades presentes en las plantas de la zona urbana de la ciudad de Cuenca [Trabajo de titulación de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18164>
- Samaniego-Gaxiola, J. A., Ramírez-Delgado, M., Pedroza-Sandoval, A., & Nava-Camberos, U. (2008). Asociación entre pudrición texana (*Phymatotrichopsis omnivora*) e insectos barrenadores del nogal (*Carya illinoensis*). *Agricultura Técnica en México*, 34(1), 21–32.
- Sarmiento Rosero, A. J. (2020). Silvicultura urbana como herramienta para el manejo del arbolado en la parroquia Puyo, Cantón Pastaza [Proyecto de innovación para optar al título de Magister en Silvicultura, Universidad Estatal Amazónica]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1054>
- Sinclair, W. A., & Lyon, H. H. (2005). Diseases of trees and shrubs (2nd ed.). Cornell University Press.
- Sjöman, H., Hirons, A. D., & Bassuk, N. L. (2012). Urban tree diversity – Taking stock and looking forward. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(4), 383–393. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.06.004>

- Fernández, P., Lozano, D., Armijos-Montaña, A., Jumbo, N., 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>
- Tattar, T. A. (1978). *Diseases of shade trees*. Academic Press. (ISBN 978-0-12-684350-7)
- Tello Robles, V. S. (2012). Diagnóstico de las áreas verdes del perímetro urbano de la ciudad de Loja [Tesis de ingeniería, Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio institucional. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/2344>
- Thomas, F. M., Rammer, W., & Nikolova, P. S. (2016). Tree responses to urban environmental stressors: A review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.04.011>
- Tubby, K. V., & Webber, J. F. (2010). Pests and diseases threatening urban trees under a changing climate. *Forestry*, 83(4), 451–459. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq027>
- Urbina, M. (2022). *Fitopatología urbana: causas, síntomas y control*. Editorial Universitaria Nacional.
- Zemek, F., & Pastirčáková, K. (2023). Urban soil compaction and tree vulnerability to pests and pathogens: a review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 78, 127762. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127762>.