

**Diagnóstico fitosanitario y evaluación interna de la madera en *Cupressus Lusitánica* Mill.
localizado en la Universidad Externado de Colombia**

Elaborado por:

Angie Katherine Moncada González (Ing. Forestal)

Gustavo Hernán Ardila Roa (Ing. Agrónomo MSc.)

Coordinadora

Lili Tatiana Vega Clavijo

Equipo de Investigación Aplicada

Subdirección Técnica Operativa

Jardín Botánico José Celestino Mutis

Bogotá, 2025

Diagnóstico fitosanitario y evaluación interna de la madera en *Cupressus Lusitánica* Mill. localizado en la Universidad Externado de Colombia

1. Introducción

En atención a la solicitud del equipo de Patrimoniales, se realizó la evaluación de un árbol de *Cupressus lusitánica* (Ciprés) ubicado en la Universidad del Externado, el cual la universidad desea talar debido a la fractura de varias de sus ramas, situación que ha generado preocupación por el riesgo que puede representar para la comunidad universitaria. No obstante, dada la cantidad de años que posee este ejemplar y su posible valor histórico, el equipo evalúa la posibilidad de que el árbol sea considerado como patrimonial y de interés público. En este contexto, se llevó a cabo una tomografía sónica con el fin de conocer el estado interno de la madera e identificar la presencia de posibles anomalías que puedan comprometer la estabilidad del ejemplar.

Adicionalmente, durante la jornada se solicitó la evaluación de un árbol de *Eucalyptus globulus* Labill (Eucalipto) ubicado en el mismo predio, el cual presentaba una cobertura completa de la enredadera conocida como hiedra uña de gato (*Hedera canariensis*) a lo largo de todo el fuste. Debido a esta cobertura, no fue posible realizar la tomografía sónica, ya que impide la correcta colocación de los sensores. Sin embargo, se brindaron recomendaciones de manejo enfocadas en la remoción progresiva y controlada de la enredadera.

2. Marco conceptual

2.1 Métodos no destructivos para la evaluación de árboles:

Según la secretaria Distrital de Ambiente (2018) para determinar el estado sanitario y físico de los árboles se emplea principalmente el método de la evaluación visual. Sin embargo, dicho método se basa en la identificación de síntomas exteriores en los individuos y es catalogado como un método subjetivo, ya que cada técnico o evaluador considera anomalías según su experiencia o criterio. En este sentido, es necesario realizar procedimientos más objetivos que permitan la estandarización de las metodologías de evaluación y así generar diagnósticos precisos y rápidos; las técnicas no destructivas se han empleado para dichos fines, ya que permiten identificar propiedades físicas y mecánicas de los árboles sin alterar su capacidad de uso final (Pellerin & Ross, 2022 como se citó en Secretaria Distrital de Ambiente, 2018)

Los métodos no destructivos (o en inglés Non Destructive Testing NDT) son aquellas pruebas que permiten caracterizar estructuras y materiales mediante ensayos no invasivos, es decir, los que no alteran las propiedades químicas, físicas, dimensionales o mecánicas del material a estudiar, aunque se pueda alterar en una proporción mínima la muestra. Así, los métodos se basan en la aplicación de fenómenos físicos como ondas acústicas, electromagnéticas, elásticas, capilaridad, emisión de partículas subatómicas o cualquier otro tipo de prueba que pueda evaluar o detectar determinada propiedad en la madera, por ejemplo, módulo de elasticidad y densidad, entre otros. Los ensayos no destructivos se pueden clasificar en visuales, electromagnéticos, nucleares, acústicos y mecánicos (Basterrechea, 2016). Dentro de los métodos acústicos, uno de los procedimientos más relevantes es la tomografía acústica, que se realiza mediante ondas de impacto, sónicas o de ultrasonido (Angulo-Ruiz et al., 2021).

2.2 Tomógrafo sónico

Un tomógrafo sónico es un dispositivo que se utiliza para evaluar las condiciones internas de la madera en la sección transversal de un árbol en pie de manera no invasiva. El tomógrafo funciona emitiendo ondas sonoras de alta frecuencia hacia el árbol y midiendo la velocidad a la que estas ondas se propagan a través de la madera. Esta técnica de medición ha permitido a múltiples autores identificar anomalías y defectos internos en los troncos de individuos de plantaciones forestales, arbolado urbano, entre otros sitios de interés asociados a cavidades, pudriciones o grietas (Mendoza, 2018).

3. Metodología:

a. Diagnóstico fitosanitario:

Se realizó una inspección visual detallada del árbol, registrando las condiciones del follaje, ramas y fuste.

b. Evaluación interna del individuo arbóreo:

La evaluación interna de la madera se realizó utilizando herramientas de diagnóstico no invasivo como la tomografía sónica. Esta evaluación se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Gilbert *et al.* (2016), que comprende las siguientes etapas:

- i. Inspección visual del árbol: Identificación de signos externos de deterioro o anomalías estructurales.
- ii. Proceso de tomografía:
 1. Instalación de clavos alrededor del perímetro del fuste y numeración de los puntos



Figura 1. Numeración de los puntos en el árbol a una altura de 50 cm desde la base

2. Medición de la geometría del fuste.



Figura 2. Medición de la geometría del árbol con la forcípula del tomógrafo.

3. Posicionamiento de los sensores sónicos alrededor del perímetro del fuste y captura de señales sónicas mediante el equipo PiCUS 3



Figura 3. Captura de señales sónicas mediante el equipo PiCUS 3

iii. Procesamiento de datos:

4. Análisis de los tomogramas mediante el software PiCUS 3.
5. Complementación del análisis con el software ImageJ para la evaluación de imágenes.

iii. Análisis de los resultados obtenidos a partir de las mediciones.

4. Resultados

Diagnóstico fitosanitario:

El día 15 de julio del presente año se realizó la evaluación de un ejemplar de pino ciprés (*Cupressus lusitanica*) ubicado en la carrera 1ª Este con calle 12, dentro de las instalaciones de la Universidad Externado de Colombia. El árbol se encuentra plantado en un emplazamiento duro (jardinera). Durante la visita, se llevó a cabo un diagnóstico fitosanitario, en el cual se observó que el árbol presenta las siguientes condiciones:

- Follaje sin presentar clorosis
- Podas de las ramas bajas del árbol
- Ramas secundarias escasas de follaje
- Sin presencia de plagas ni manchas foliares
- Pudrición en tallos secundarios bajos por entrada de agua en podas anteriores

En la tabla 1 se pueden observar las características dasométricas y la valoración fitosanitaria visual del árbol evaluado y en la figura 4, el estado fitosanitario del árbol.

Tabla 1. Características dasométricas del árbol evaluado.

MEDICIONES TOMOGRAFO DE PINO CIPRES EN LA UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA													
Localidad de La Candelaria			15 de julio de 2025								0 sin síntomas	1 < a 50%	2 > a 50%
Especie Arbórea	Dirección	Cód.. SIGAU	Inclinación	% Afectación	PAP	PB	Altura metros	Diámetro Copa metros	Densidad Foliar	Vitalidad Ramas	Medición Bajo	Medición Medio	Medición Alto
Pino ciprés	Calle 12 con Carrera 1 Este	Sin Codigo SIGAU	12° Occidental	10%	4.54 metros	4.80 m. a 0.50 m	36.59 metros	14.95 m * 16.74 m	70%	90%	0	0	0



Figura 4. Árbol de cipres localizado en emplazamiento duro

Evaluación interna de la madera:

La evaluación del estado interno de la madera se realizó en dos puntos del árbol: a una altura de 50 cm desde la base y en el DAP, con el objetivo de identificar posibles anomalías internas. En las figuras 5 y 6 se presentan los tomogramas obtenidos, en los cuales se observa una colorimetría predominante en tonalidades azules en la zona central de la sección transversal analizada. Esta coloración indica baja velocidad de propagación de las ondas, asociada a posibles pérdidas de densidad en cavidades o áreas con pudriciones.

Este patrón se relaciona con la presencia de múltiples bifurcaciones con unión basal que presenta el árbol, donde se han realizado podas en tallos laterales que actualmente se encuentran secos. Estas podas han generado orificios entre bifurcaciones que facilitan la entrada de agua de lluvia, aumentando la humedad interna del fuste y el riesgo de pudriciones y degradación de la madera. Asimismo, las bifurcaciones codominantes con corteza incluida podrían estar generando uniones estructurales con limitaciones, que en combinación con la humedad que ingresa por los puntos de poda, pueden favorecer la aparición de defectos internos que comprometan la integridad estructural del árbol. Adicionalmente, los tallos secos externos inciden en los patrones de triangulación durante el análisis tomográfico, permitiendo evidenciar con mayor claridad las áreas de baja densidad.

Es relevante resaltar que, pese a que las tomografías se realizaron a diferentes alturas del árbol, ambas reflejan resultados similares. Se observa que aproximadamente el 68 % de la sección analizada presenta tonalidades azules y moradas, indicativas de baja densidad asociada a pudriciones, mientras que el 32 % muestra tonalidades cafés, que corresponden a madera con

buen condición estructural y adecuada transmisión de ondas. Estos resultados evidencian la existencia de afectaciones internas que requieren monitoreo periódico para evaluar la estabilidad estructural del árbol y tomar decisiones de manejo que garanticen la seguridad en el entorno.

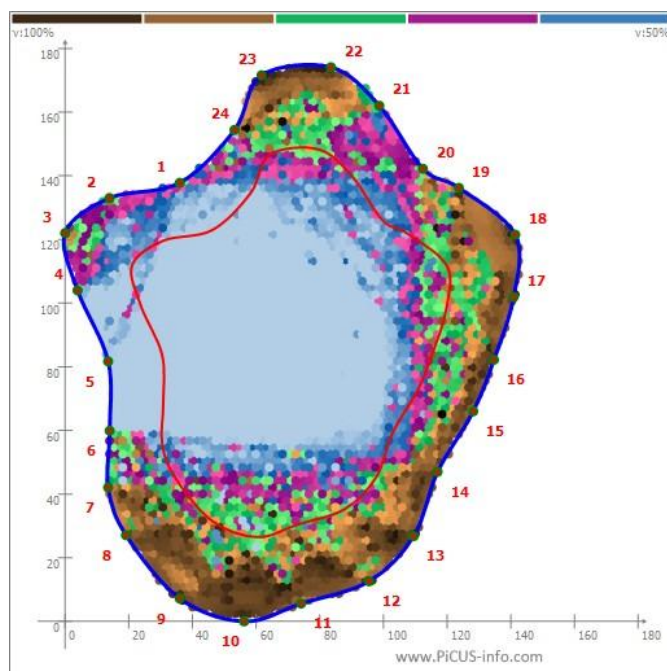


Figura 5. Tomografía realizada a una altura de 50 cm desde la base del árbol de ciprés

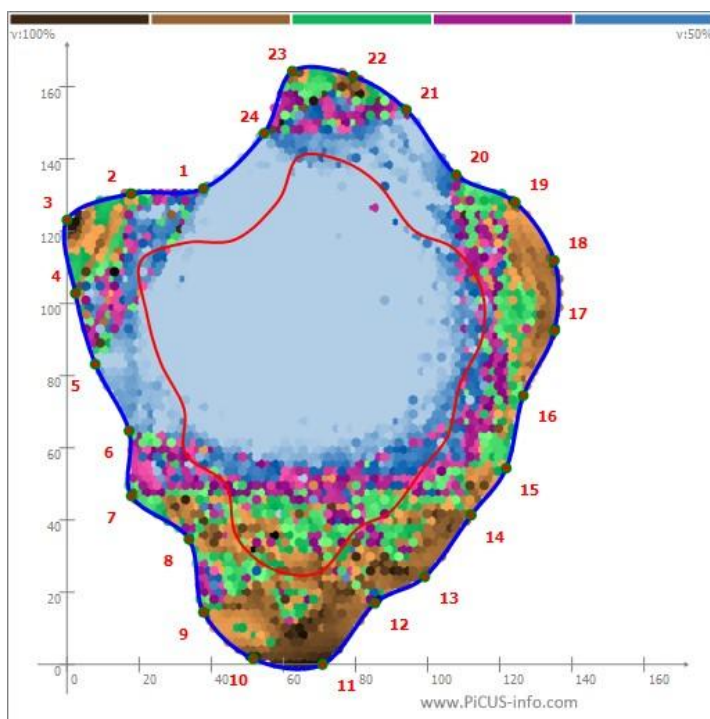


Figura 6. Tomografía realizada en el dap del árbol de ciprés.

Observaciones al árbol de Eucalipto.

El ejemplar de Eucalipto evaluado presenta un follaje en aparente buen estado nutricional y fitosanitario, sin evidencia de clorosis, manchas foliares asociadas a hongos ni signos de ataque por insectos o herbívoros, por lo que se considera que mantiene condiciones adecuadas de nutrición y sanidad vegetal como se observa en la figura 7. Sin embargo, se observó que el fuste principal se encuentra cubierto por la enredadera conocida como hiedra uña de gato (*Hedera canariensis*), por lo que se recomienda realizar una poda controlada de esta especie para evitar que alcance la zona de follaje del árbol, donde podría interferir con los procesos de fotosíntesis.



Figura 7. Tallo de eucalipto colonizado por *Hedera canariensis*

Conclusiones

El ejemplar evaluado mantiene un estado foliar aceptable y sin presencia de plagas visibles, sin embargo, presenta pudriciones en tallos secundarios y afectaciones internas significativas en el fuste, relacionadas con podas antiguas y la entrada de agua en bifurcaciones. Los resultados de la tomografía evidencian zonas con baja densidad que requieren seguimiento, por lo que se recomienda monitoreo periódico para evaluar su estabilidad estructural y tomar decisiones de manejo que garanticen la seguridad en el área donde se encuentra plantado.

Finalmente, para el árbol de eucalipto se determina que presenta buen estado fitosanitario y nutricional. Se recomienda retirar de forma controlada la hiedra uña de gato (*Hedera canariensis*) que cubre su fuste para evitar afectaciones en el follaje y prevenir posibles problemas sanitarios en el árbol.

Bibliografía

Angulo-Ruiz, Walter Enrique, Fasabi-Pashanasi, Hilter, Rengifo-Pérez, Christian Paolo, & Valdivia-Marquez, Luz Nadir. (2021). Técnica no destructiva basada en tomografía acústica para la identificación de defectos internos en árboles. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 65-71. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.008>

Basterrechea Arévalo, M. A. (2016). Comparación de las técnicas no destructivas de tomografía ultrasónica y resistencia a la perforación en la evaluación de discos de madera

Gilbert, G. S., Ballesteros, J. O., Barrios-Rodriguez, C. A., Bonadies, E. F., Cedeño-Sánchez, M. L., Fossatti-Caballero, N. J., ... & Hubbell, S. P. (2016). Use of sonic tomography to detect and quantify wood decay in living trees. *Applications in plant sciences*, 4(12), 1600060

Mendoza Saucedo, G. (2018). Uso de métodos no destructivos para determinar el riesgo de caída de árboles urbanos, en el Parque de las Leyendas

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2018). MODELO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN Y ANÁLISIS CON RESISTOGRAFÍA PARA EL ARBOLADO URBANO DEL DISTRITO CAPITAL. Bogotá: SUBDIRECCIÓN DE SILVICULTURA, FLORA Y FAUNA SILVESTRE