

Estudio físico-mecánico de un árbol ejemplar (*Ficus rubiginosa*) en la Ermita de San Nicolás (Las Palmas de Gran Canaria).

Diciembre 2024



Resumen

En este estudio se analizan las características físico-mecánicas de un árbol ejemplar (*Ficus rubiginosa*) situado en la Ermita de San Nicolás de Bari (Las Palmas de Gran Canaria). Se encuentra en la calle Domingo Guerra del Río, nº1.

Para acometer su estudio se ha procedido a la evaluación visual conforme al método VTA (*Visual Tree Assessment*) y al análisis instrumental, utilizando para ello los tomógrafos (sónico y de impedancia eléctrica) y el resistógrafo. Con esta información se obtuvieron los diferentes diagnósticos de estática integrada, utilizando para ello los tres métodos internacionalmente admitidos. Se recoge asimismo el estudio de la diana, de gran relevancia dado el lugar en el que se encuentra.

Los resultados de dichos exámenes se recogen en el presente estudio, base para determinar finalmente el riesgo de colapso, rotura o caída del ejemplar, así como las recomendaciones de actuación. Estos resultados se recogen en el último apartado de conclusiones.

Personal técnico redactor

Este informe ha sido realizado por el equipo técnico de dasotec, con una experiencia de 18 años en arboricultura urbana:

Juan Manuel Borrajo. Ingeniero de Montes.

Pablo Pérez Daniëls. Doctor en Ciencias Biológicas. Micólogo

Elixabette Lobo. Ingeniera de Montes

Jaime Pérez. Grado en Ingeniería forestal y del medio natural

Contenido

	Página
Introducción	3
Localización	4
Riesgo de arbolado	6
Material y métodos	7
Resultados	8
Análisis visual	8
Análisis instrumental.....	10
Diagnóstico de estática integrada.....	14
Discusión	15
Conclusiones y recomendaciones.....	16
Bibliografía	18

Estudio físico-mecánico de un árbol ejemplar (*Ficus rubiginosa*) en la Ermita de San Nicolás (Las Palmas de Gran Canaria).

Introducción

En el seno de los bosques urbanos, los árboles son bienes valiosos que proveen, entre otros, de valores o servicios ecosistémicos, de salud ciudadana, estéticos, sociales y económicos. Captan CO₂ y contaminación, reducen el efecto Isla de calor en las ciudades y ayudan a combatir las consecuencias del cambio climático. En el caso estudiado del ejemplar de la Ermita de San Nicolás, existe una componente histórica adicional de indudable valor. Su silueta está ligada a la de la Ermita desde hace unos 135 años.

En la gestión municipal del arbolado de estos espacios públicos se observa la necesidad de promover un programa de prevención de riesgos del arbolado, ya que los árboles con probabilidad de ocasionar daños pueden generar problemas de diferente consideración.

Estos programas de prevención se basan en el examen de la estabilidad física y mecánica de los árboles, a través de estudios biológicos y de la observación de varios principios de ingeniería, que atienden a la estructura interna de la madera y sus características físicas y químicas. A partir de estos análisis, cabe realizar predicciones ajustadas de la potencialidad al fallo del sistema.

Los estudios biológicos de estabilidad del arbolado se basan en evaluaciones visuales (Shigo, 1998; Mattheck, 1992; Mattheck & Breloer, 2010; Lonsdale,

2009) que consisten en la individualización de los síntomas exteriores que revela el árbol en presencia de anomalías a cargo de la madera interior; el concepto sobre el que se basa estos métodos es el axioma de la tensión constante; la formación de material de reparación representa un síntoma de la presencia de defectos mecánicos y físicos en el interior del árbol.

Pero esta evaluación visual debe ser contrastada con otros métodos de análisis que nos permitan un acercamiento más preciso a la realidad biomecánica del árbol. Con este fin, nos servimos de una serie de instrumentos cuya tecnología utiliza ciertas propiedades mensurables de la madera que varían sus parámetros en función de la degradación, hongos y fracturas presentes en el árbol. Dichos parámetros son la penetrabilidad mecánica o resistencia a la perforación, la transmisión de las ondas de sonido y la resistencia eléctrica.

El Área de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria, consciente de la importancia de vigilar la seguridad de las personas, los visitantes de sus jardines, de los bienes públicos y privados y de la conservación de estos bosques urbanos, promueve la realización de estudios de su arbolado utilizando la diagnosis tecnológica más avanzada en la actualidad.

Aplicando estas técnicas visuales e instrumentales, se puede estimar la probabilidad de fallo aplicando varios sistemas de evaluación de riesgo

(Matheny & Clark, 1994; Lonsdale, 2003; Ellison, 2003) o decidir si un determinado árbol satisface un establecido estándar de seguridad (Erb & Wessoly, 1998; Sinn & Wessoly, 1989).

Localización

El árbol se encuentra anexo a la Ermita de San Nicolás. Es una de las ermitas de los riscos, las cuales fueron reformadas durante los siglos XVIII, con una tradición mudéjar y un techo de a dos aguas. La ermita de San Nicolás data de **1696**, construida por el capitán y prestamista Juan de Matos, el cual solicita la licencia para construir la ermita como lugar de culto para los habitantes de este barrio de origen humilde. Fue **reformada en 1939**, adquiriendo su estado actual, con el arco de medio punto enmarcado en cantería.

Su importancia reside en su cercanía a la plaza del barrio, lugar donde se encontraba el pozo de agua y posterior fuente y en el que los habitantes del barrio establecían contactos. Un poblamiento que comienza sobre el siglo XVIII, con la habitación de casas-cuevas.



Imagen de la Ermita de San Nicolás (1890-1898) en la que se ve el *Ficus* recién plantado

Por imágenes de la ermita de finales del siglo XIX, podemos datar la fecha de plantación del árbol estudiado. En aquella fotografía datada entre los años 1890 y 1898 se observa un árbol recién plantado, de pocos años de edad. De ahí que su **edad cronológica sea de 135 años**. Esto

coincide con su **edad ontológica**, valorada de árbol maduro con síntomas de senectud.

La toma de datos del presente estudio se llevó a cabo durante el mes de noviembre de 2024.

En un contexto local, el árbol se encuentra prácticamente aislado. Se trata de un área de la ciudad con escasa (casi nula) cobertura arbórea y muy pocos ejemplares de árboles y palmeras. Se encuentra limitando con el Parque Grafiti San Nicolás, un espacio con poca vegetación y una notable representación artística en forma de grafitis en sus muros.



Vista general de la zona, con escasa cobertura arbórea. En el cuadrante inferior derecha se observa el árbol de estudio y el parque grafiti San Nicolás



En líneas generales, Las Palmas de Gran Canaria se sitúa a orillas del mar. El árbol se encuentra a una **altitud de 38 msnm**. El clima es benigno, con temperaturas entre 19° en invierno y 25° en verano. Las precipitaciones anuales medias son de 135mm, durante una media de 20 días al año.

Un aspecto importante a la hora de evaluar el riesgo de caída del arbolado son los episodios de **meteorología adversa**. En la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, situada en la costa noreste de la isla de Gran Canaria, las tormentas y el mal tiempo no son tan frecuentes ni tan intensos como en otras regiones del archipiélago canario, pero sí pueden ocurrir, especialmente en los meses de otoño e invierno. Estos episodios son generalmente breves, pero pueden traer lluvias fuertes, viento y marejadas en el mar, que afectan tanto a la ciudad como a sus alrededores. Estos episodios pueden ser:

Tormentas de lluvia y viento

Las tormentas en Gran Canaria suelen ser de corta duración, pero con lluvias intensas en periodos muy concentrados. Durante estos episodios, el viento puede aumentar considerablemente, especialmente en la zona norte de la isla, donde la topografía influye en la intensidad de las ráfagas.

- **Lluvias fuertes:** Las lluvias pueden ser torrenciales, especialmente en la zona montañosa interior de la isla, pero también se dan en la ciudad, generando a veces inundaciones puntuales en las calles. En general, las precipitaciones no suelen durar más de unas pocas horas, pero pueden acumularse en poco tiempo, lo que causa algunos problemas de drenaje.
- **Viento:** El viento puede alcanzar rachas fuertes, especialmente cuando las tormentas se asocian a frentes fríos que llegan desde el norte o el oeste. En casos más extremos, las rachas de viento pueden superar los 70 km/h, lo que provoca caídas de ramas, daños menores en estructuras y la afectación de la navegación marítima.

- **Cielo nublado o cubierto:** Durante las tormentas, el cielo suele estar completamente cubierto de nubes.

Fenómenos meteorológicos excepcionales

De vez en cuando, Gran Canaria experimenta fenómenos meteorológicos más extremos, como el paso de una tormenta tropical o la llegada de un frente frío más severo. Estos eventos son más raros, pero pueden traer consigo vientos muy fuertes, lluvias intensas y olas muy altas.

- **Tormentas tropicales o ciclones:** Aunque Las Palmas de Gran Canaria está situada en una zona relativamente protegida, en raras ocasiones puede verse afectada por tormentas tropicales que se acercan desde el Atlántico. Estas tormentas pueden traer lluvias torrenciales, vientos intensos y alta marejada, que afectan no solo a la ciudad, sino también a toda la isla.

Estaciones más afectadas

- **Invierno y otoño** (de noviembre a febrero): Son los meses en los que se producen la mayoría de las tormentas y episodios de mal tiempo en Las Palmas de Gran Canaria. Las bajas presiones y los frentes fríos que se acercan desde el Atlántico pueden generar lluvias intensas y vientos fuertes.
- **Primavera y verano** (de marzo a octubre): En estos meses, el clima en la ciudad tiende a ser mucho más estable y soleado. Las tormentas son más esporádicas y, cuando se producen, suelen ser menos intensas y de menor duración. Sin embargo, algunos veranos pueden ser algo más húmedos o presentar algunas lluvias aisladas debido a la influencia de fenómenos locales o frentes tropicales.

En resumen, aunque Las Palmas de Gran Canaria disfruta de un clima bastante estable y soleado, los episodios de mal tiempo, como tormentas de lluvia, viento y marejadas, pueden ocurrir en los meses de otoño e invierno, generando alteraciones temporales en la vida cotidiana de la ciudad.

Riesgo de arbolado

Es importante conocer y considerar cualquier suceso local relevante que pueda tener efectos en este estudio o conlleve la introducción de nuevas variables para la evaluación.

En Las Palmas de Gran Canaria, los árboles caídos o ramas quebradas son un fenómeno relativamente común durante episodios de mal tiempo, como tormentas o fuertes vientos, que pueden ocurrir especialmente en los meses de otoño e invierno durante la llegada de frentes fríos o tormentas tropicales.



Ejemplares con ramas o troncos caídos en Las Palmas de Gran Canaria en los últimos años durante episodios de fenómenos meteorológicos adversos

Entre los factores que causan la caída de los árboles se encuentran:

- **Vientos fuertes.** El viento es uno de los principales factores que puede provocar la caída de árboles en la ciudad. Aunque Las Palmas de GC no experimenta con frecuencia vientos extremadamente fuertes, las tormentas y los frentes fríos pueden generar ráfagas de viento de **más de 70 km/h**, suficientes para derribar árboles, especialmente si están mal arraigados o ya tienen problemas estructurales.
- **Lluvias intensas.** Las lluvias torrenciales que ocurren en episodios de tormentas fuertes pueden saturar el suelo, debilitando la raíz de los árboles. Cuando el terreno se moja en exceso, los árboles pueden perder su estabilidad, lo que aumenta el riesgo de que vuelquen, especialmente aquellos en suelos más arenosos o inestables.
- **Árboles envejecidos o debilitados** Las Palmas de Gran Canaria alberga una gran variedad de árboles, muchos de ellos en parques y jardines urbanos. Con el paso de los años, algunos de estos árboles, especialmente aquellos que no se han podado adecuadamente o que están envejeciendo, se vuelven más vulnerables. La **decadencia estructural** y enfermedades en el tronco o las raíces (como la podredumbre u hongos) pueden hacer que un árbol se caiga más fácilmente.
- **Sistemas de raíces mal desarrollados** La topografía de Gran Canaria puede ser bastante accidentada, lo que afecta el crecimiento de las raíces de algunos árboles, especialmente en áreas más inclinadas o en espacios urbanos donde las raíces tienen poco espacio para expandirse. Esto puede contribuir a que los árboles no estén lo suficientemente anclados en el suelo para resistir tormentas o vientos fuertes.

Las consecuencias dependen de la diana del ejemplar. Las áreas más afectadas son:

- **Parques y jardines urbanos:** Zonas como el **Parque de Santa Catalina**, el **Parque Doramas**, o el **Jardín Botánico Viera y Clavijo** pueden ser especialmente vulnerables a la caída de árboles debido a la gran cantidad de vegetación que albergan. Durante las tormentas, en estos lugares se pueden ver árboles o ramas caídas.
- **Áreas cercanas a la costa:** El viento que sopla desde el mar puede ser más intenso, y los árboles en las zonas más expuestas, como en las cercanías de la **Playa de Las Canteras**, la **Avenida Marítima** o el **Puerto de la Luz**, pueden ser más propensos a volcar o provocar roturas de sus estructuras. Además, la erosión de la costa puede afectar a las raíces de los árboles más cercanos a ella.
- **Barrancos y zonas montañosas:** En áreas más elevadas o de difícil acceso, como los barrancos de la ciudad (por ejemplo, el **barranco de Guiniguada**), los árboles pueden caer debido a la inestabilidad del terreno o por la acumulación de agua en las lluvias intensas, que debilita las raíces.

Respuesta municipal

El Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria tiene protocolos establecidos para la gestión del riesgo de arbolado y los posibles efectos de las tormentas extraordinarias. Estos protocolos incluyen:

- **Rápida intervención de servicios de emergencia:** Los equipos municipales de mantenimiento y conservación de zonas verdes y protección civil suelen actuar rápidamente para retirar los árboles o ramas caídas y despejar las vías afectadas, garantizando la seguridad

ciudadana y restaurando la normalidad lo antes posible.

- **Inspección y poda preventiva:** Antes de la temporada de tormentas, se realizan inspecciones y podas de árboles en zonas urbanas para asegurarse de que los árboles más viejos o peligrosos se mantengan en condiciones adecuadas, reduciendo el riesgo de caídas durante los episodios de mal tiempo.
- **Concienciación pública:** El Ayuntamiento también se encarga de informar a los residentes sobre medidas de seguridad en casos de mal tiempo, pidiendo que eviten transitar por áreas con árboles grandes durante tormentas fuertes.

Conclusión

Si bien los episodios de mal tiempo en Las Palmas de Gran Canaria no son muy frecuentes, cuando ocurren, los árboles y ramas caídos son uno de los efectos secundarios más comunes, especialmente en zonas con árboles grandes o envejecidos.

Es importante que la población mantenga precaución en caso de mal tiempo, especialmente en áreas con mucha vegetación o cerca de espacios naturales.

Entre las especies más afectadas por la caída de ejemplares o alguna de sus estructuras, destacan los árboles del género *Ficus*, muy presentes en la ciudad.

Material y métodos

En el presente estudio se analiza el estado físico-mecánico actual de un árbol anejo a la Ermita de San Nicolás, en la calle Domingo Guerra del Río, nº1, con objeto de determinar el riesgo potencial de sufrir algún tipo de colapso en su estructura. Asimismo, se analizan los posibles daños que pudiera ocasionar en este caso.

La caracterización dendrométrica del árbol es la siguiente:

Dimensiones dendrométricas

Especie	Localización	Altura total (m)	Altura primer verticilo vivo (m)	Perímetro (m)	Diámetro normal (cm)	Radio máximo de la copa (m)	Inclinación respecto a la vertical
<i>Ficus rubiginosa</i>	c/ Domingo Guerra del Río, nº1	14	9,5	4,10	130,5	16,47	-

A continuación se catalogan las anomalías visibles detectadas. Estas representan, además del riesgo que pueden conllevar por sí mismas, una señal de la presencia de defectos mecánicos y físicos en el interior. Es importante, desde el punto de vista fitosanitario, una valoración de la vitalidad aparente del ejemplar y la definición y localización de cualquier signo de degradación, incluyendo la presencia de cuerpos fructíferos de hongos.

El examen de los peligros potenciales, que incluye la valoración de los defectos estructurales del árbol, precisa también del reconocimiento del entorno inmediato y la determinación de las infraestructuras y bienes personales y materiales que pudieran verse dañados si se produjera un colapso de los puntos críticos observados.

Esta primera etapa es la base para el diagnóstico instrumental, que nos dota de un análisis más profundo tanto en zonas aparentemente sanas como en aquellas donde se manifiestan los defectos detallados durante el reconocimiento visual. El estudio de las características mecánicas y químicas se realizó en base a las lecturas obtenidas a través de tres instrumentos independientes, con el fin de conseguir, en la medida de lo posible, los resultados más ajustados a la realidad. Estos aparatos desarrollan tecnologías diferentes y cada uno de ellos aporta mediciones de parámetros particulares, muy útiles cuando se combinan sus

resultados a la hora de confirmar o matizar la evaluación final de la estabilidad del arbolado.

Las herramientas utilizadas para la diagnosis instrumental fueron el tomógrafo sónico, de impedancia eléctrica y resistógrafo.

Resultados

Análisis visual

Se trata de un árbol aislado en el seno de una plaza con acceso peatonal y tráfico habitual de vehículos. Se encuentra asimismo anejo a una edificación de interés histórico, la Ermita de San Nicolás, que se encuentra en la actualidad abierta al culto. **La diana por lo tanto es alta.** Los daños ocasionados por una posible caída pueden ser personales, materiales privados (vehículos) y de la edificación histórica anexa.

El suelo ha estado pavimentado hasta la actualidad, con un bordillo que limitaba el alcorque. Y lo limitaba porque hace unos días se eliminó este bordillo por lo que las **raíces** se encuentran en el momento del análisis del árbol **al descubierto** en su zona sur.



Obras recientes en el entorno de las raíces

El árbol se encuentra relativamente protegido de los vientos, estando expuesto a los de componente SE.

Presenta escaso volumen de copa para la especie y edad del árbol, dada la poda realizada recientemente. Es una copa relativamente simétrica.



Estado del murete-alcorque antes y después de la actuación. La segunda foto indica su estado actual.



La edad ontogénica es un árbol maduro, con algunos síntomas de senectud, si bien tiene una buena vitalidad. La edad cronológica coincide, siendo de unos 135 años.

El cuello de la base presenta una cavidad en el sur, que se extiende hacia las raíces,



coincidiendo con un daño de madera seca y aparentemente estable. Consta de madera de reacción en forma de contrafuertes que dan estabilidad a la estructura.



Madera de reacción en la base estabilizando la estructura

El tronco presenta dos codos que desplazan el centro de gravedad hacia el sur del árbol. Esta configuración es debida al engrosamiento del único cimbal restante, tras la poda de los dos que configuraban la copa inicialmente. Los restos de la poda y eliminación de los otros cimales se encuentran en la actualidad bien cicatrizada. Presenta fendas paralelas al eje con exudaciones asociadas.



Fendas en el tronco con exudaciones asociadas

El árbol parece estable en cuanto a la posibilidad de factura de la base o tronco, si bien **existe posibilidad de vuelco** debido a un daño difícil de calcular en el **sistema radicular**. El resultado del análisis instrumental aportará información sobre la capacidad estática de la estructura.

Análisis instrumental

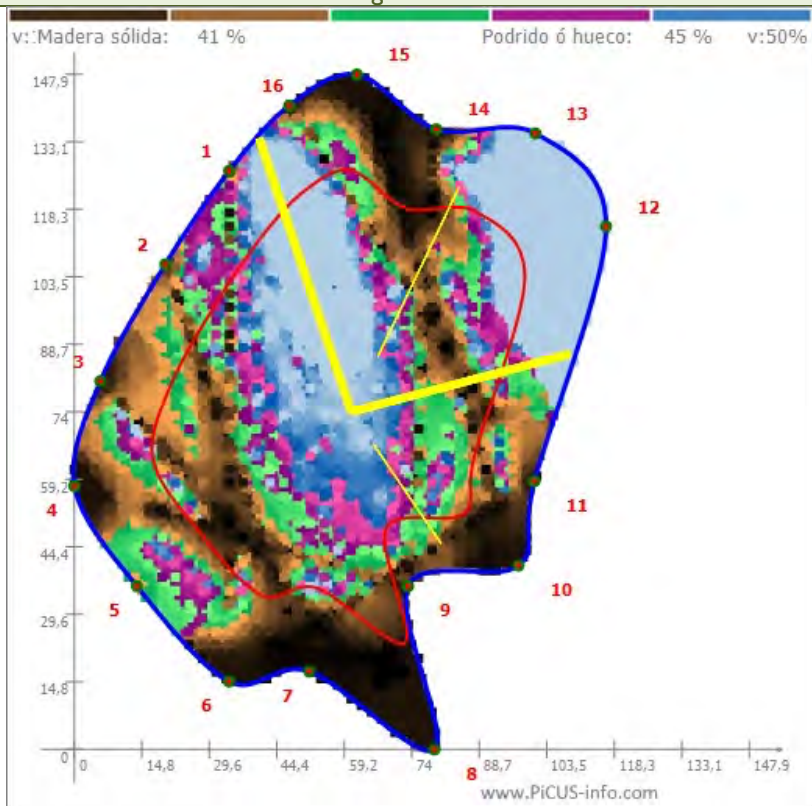
En las siguientes figuras se recogen los resultados de la aplicación de los diferentes instrumentos a cada árbol de estudio. **Se han utilizado las técnicas instrumentales existentes en la Isla**. Se presta especial atención a utilizar los aparatos en aquellos puntos en los que la inspección visual detecta algún tipo de defecto, en este caso en la base del tronco. Esto permite corroborar los datos obtenidos o plantear nuevas hipótesis que han de ser contrastadas. Es muy importante la interpretación conjunta de todos los resultados conseguidos para poder diagnosticar convenientemente el estado de cada ejemplar.

Resultados instrumentales (tomogramas y perfiles del resistógrafo)

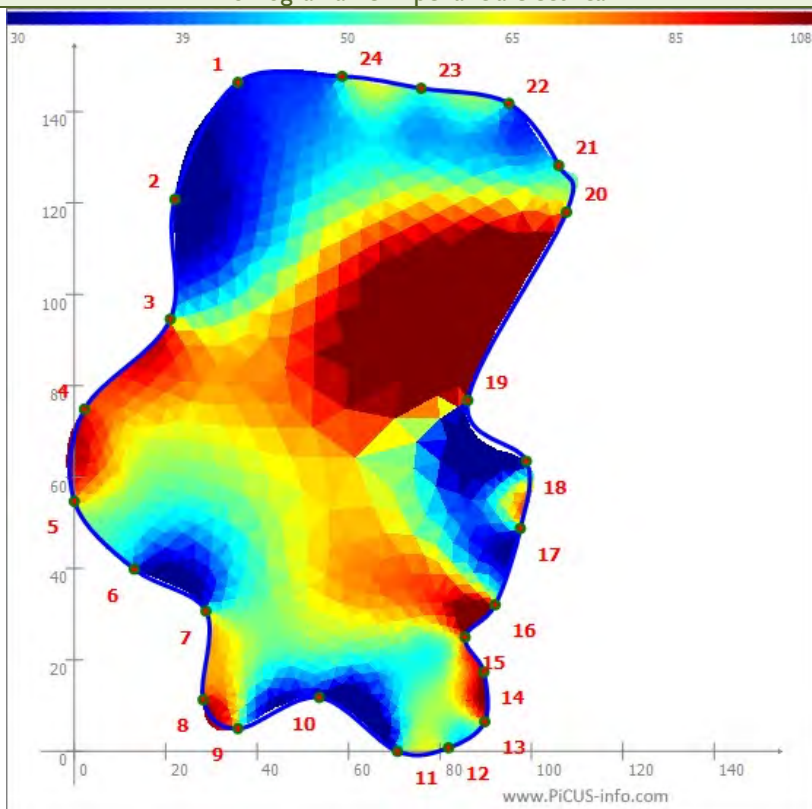
Árbol

Ficus rubiginosa

Tomograma sónico

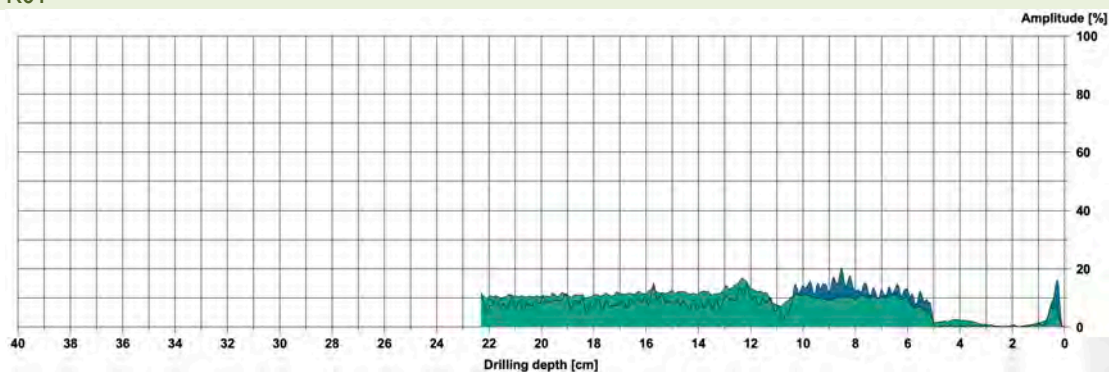


Tomograma de impedancia eléctrica

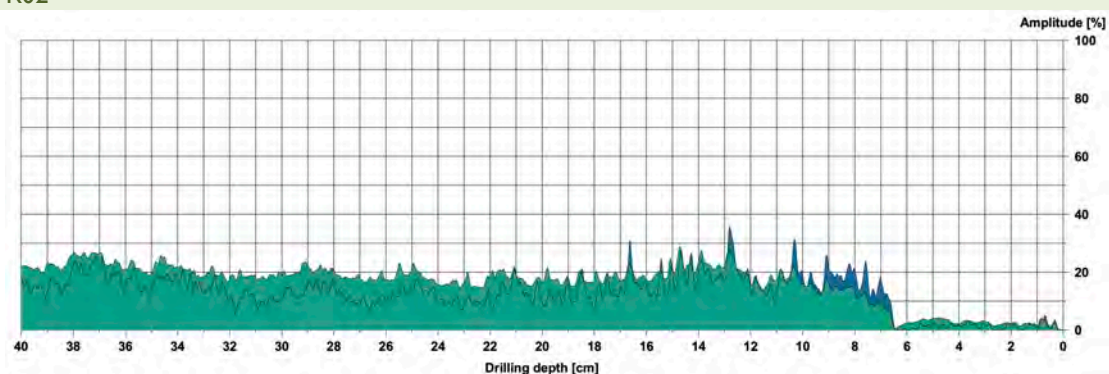


Resultados instrumentales (perfiles del resistógrafo)

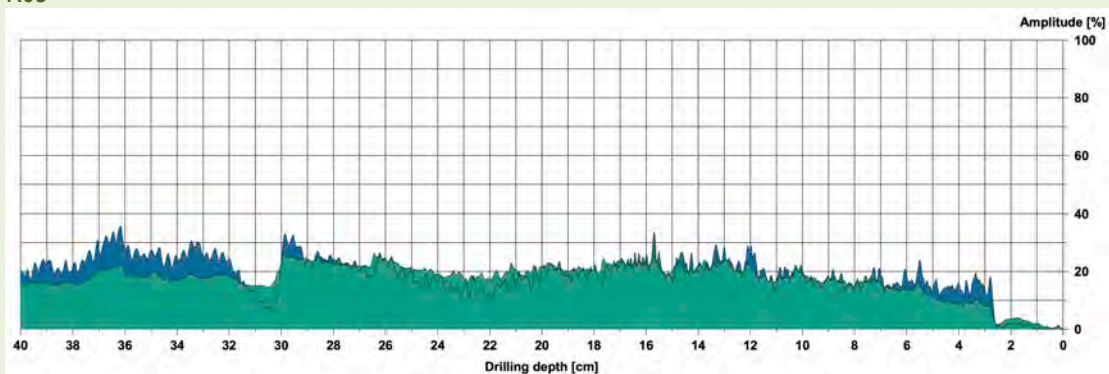
R01



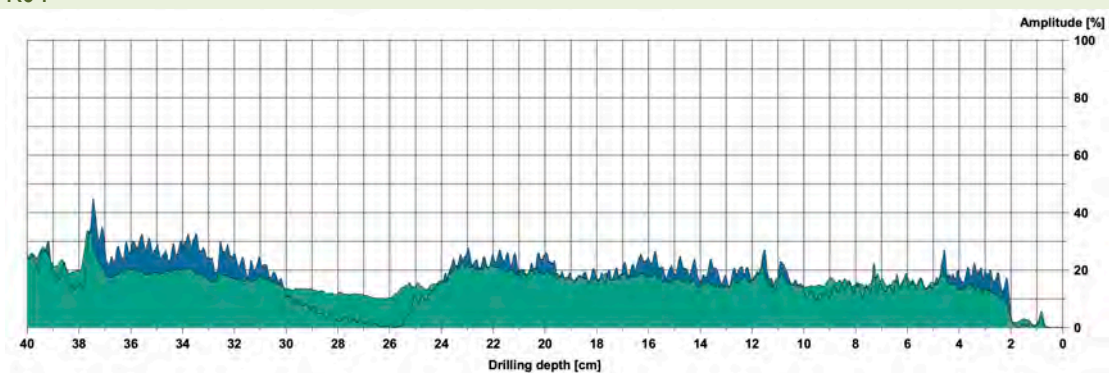
R02



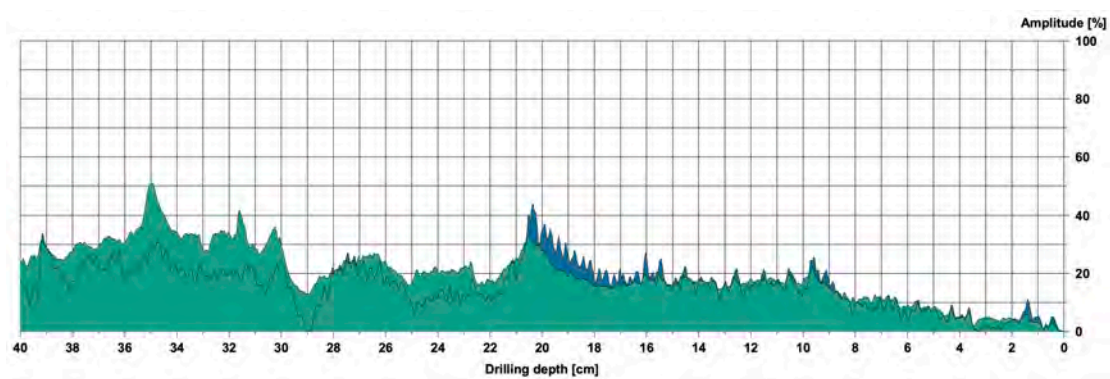
R03



R04



R05

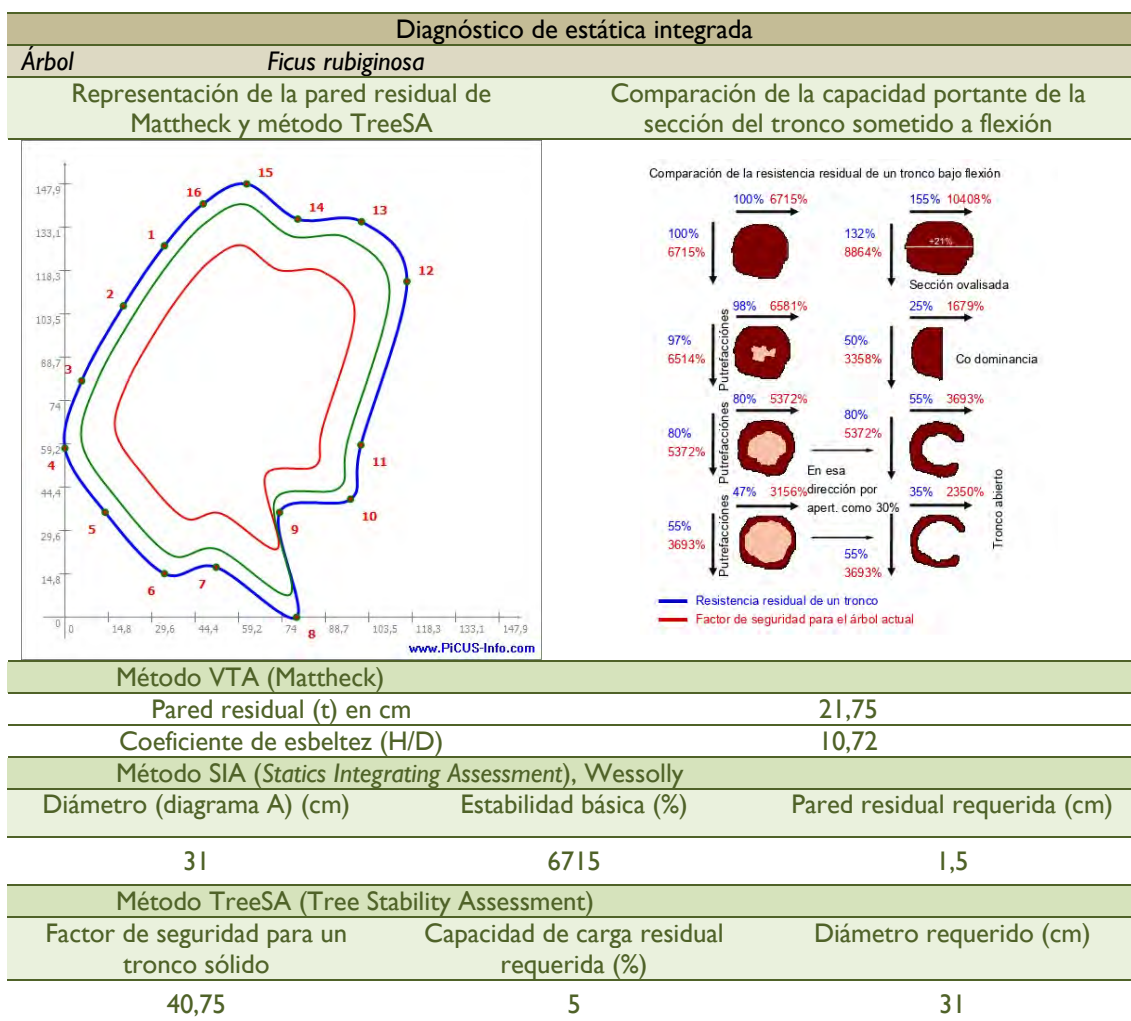


Diagnóstico de estática integrada

Con el fin de realizar un correcto diagnóstico de la estabilidad del arbolado, evaluado a través de los procedimientos visuales e instrumentales descritos, se han utilizado tres métodos independientes para una interpretación complementaria, de manera que el análisis integrado de los resultados, obtenidos aplicando cada sistema de forma particular, nos permite alcanzar el máximo rigor a la hora de determinar el riesgo que representa un ejemplar de estudio.

Las técnicas empleadas en cuestión son el Método VTA (*Visual Tree Assesment*) de Claus Mattheck, el Método SIA (*Statics Integrating Assessment*) de Lothar

Wessolly y el Método TreeSA (*Tree Stability Assessment*) basado en el método SIA y publicaciones del Dr. Wessolly, Günter Sinn y Martin Erb. Los tres están fundamentados en la estimación de la **pared residual del árbol**, término que se refiere al espesor mínimo de madera sana requerido para que el pie no colapse, es decir, para prevenir un fallo estructural del tronco. Si las deficiencias existentes superan dicho grosor mínimo, el árbol examinado representa un peligro, que se define posteriormente en función de la gravedad del mismo dentro del apartado de Clasificación del Riesgo. La diferencia entre los citados sistemas de evaluación reside en los parámetros que valora cada uno de ellos para estimar dicha magnitud.



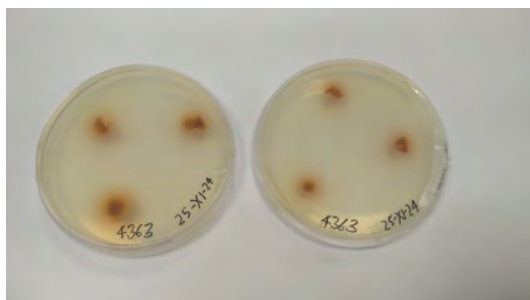
Discusión

Se ha evaluado un ejemplar de *Ficus rubiginosa* en el entorno de la Ermita de San Nicolás de Bari en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria por su posible riesgo de colapso, debido a un aparente estado de inestabilidad física provocado por cavidades o degradación en la base del tronco.

En los resultados de la evaluación visual destaca una estructura actual fruto de podas de gruesas ramas en el pasado. Existe un único cimbal con dos codos que sustenta una copa reducida para la especie y edad del árbol. Esta copa ha sido podada recientemente.

No obstante, los *Ficus* reaccionan bien a las podas, rebrotando con facilidad. En este sentido, el árbol de estudio presenta buena vitalidad aparente.

En cuanto a la debilidad observada en la base, se observa una cavidad que parece extenderse hacia las raíces. La herida en el tronco está estable y no presenta signos de pudrición activa. No se han detectado restos de fructificaciones de *Inonotus rickii* o *Ganoderma resinaceum*, los hongos de pudrición más frecuentes sobre *Ficus* en Canarias. Esto no significa que no puedan estar presente o que no puedan encontrarse otras especies, es necesario esperar a las muestras del árbol que se están cultivando en laboratorio.



Cultivos del árbol para determinar posibles hongos xilófagos

Se ha realizado un **estudio instrumental** para determinar cuantitativamente la probabilidad de fallo. Los resultados del **tomógrafo sónico** son habituales en árboles singulares sin poder ser interpretados como un árbol con una gran pudrición interna, sino simplemente grietas internas y una zona de madera muerta observable visualmente. En estos casos, se requiere interpretar y calcular cuantitativamente los defectos mediante los otros dos instrumentos de testificación, ya que los resultados del tomógrafo sónico no son relevantes. En los **resistogramas** se observa suficiente pared residual para garantizar la estabilidad requerida en el cálculo de estática integrada (hasta los 40 cm de la aguja del resistógrafo) y el **tomógrafo de impedancia eléctrica** nos indica un árbol con un defecto interno sin aparente pudrición activa, compuesto por madera muerta. Esto se observa en el gráfico coincidiendo como una zona roja de menor resistividad, asimilable a la observación visual de una zona con madera muerta pero no en estado de descomposición. El resto de la sección es coincidente con una sección tipo de un árbol normal para la edad, especie y tamaño del *Ficus* analizado.

El tamaño de este defecto interno es compatible con la estabilidad o resistencia a la rotura que indica el cálculo de estática integrada, como demuestran los resultados recogidos en el apartado de su diagnóstico.

Los resultados de cálculo de estática integrada, avalados por los instrumentales, asignan unos **valores muy altos de estabilidad a la base**, encontrándose en los umbrales de la **seguridad estructural**.

Las paredes residuales existentes superan las requeridas, por lo que la **probabilidad**

de rotura de tronco se encuentra dentro de los valores de seguridad permitidos.

Asimismo, el coeficiente de esbeltez es muy bajo, lo que abunda en la seguridad estructural y estabilidad del árbol. Se puede concluir, a partir del cálculo de estática integrada, que la probabilidad de rotura del tronco es muy baja.

El riesgo se concentra en el posible vuelco del ejemplar. La posible deficiencia y hueco observado hacia el interior del

suelo, junto a las obras realizadas en el entorno del sur o sureste del árbol supuestamente dañando la zona radicular incrementan la posibilidad de vuelco del árbol. Este vuelco se produciría en momentos de episodios de meteorología adversa, como las tormentas que acarreen lluvias y vientos fuertes en esta zona de la ciudad. Y ese vuelco se produciría hacia la zona dañada de las raíces y base, es decir, hacia el Parque Grafiti.



No existen en el mercado métodos instrumentales fiables para poder calcular esta posibilidad de vuelco debida a la falta de coherencia de las raíces. Por ello establecemos este **riesgo como probable** a lo que hay que sumar la **alta diana**, ya que puede afectar a personas, vehículos y en el entorno del árbol se encuentra un edificio de alto valor arquitectónico.

Se puede clasificar el riesgo del ejemplar como C, Árbol con defectos significativos. El apeo puede ser evitado realizando operaciones de consolidación. Debe realizarse un seguimiento con

periodicidad semestral para revelar cualquier agravamiento de las zonas precarias. En el apartado siguiente se establecen las posibles actuaciones para reducir el riesgo observado.

Conclusiones y recomendaciones

La evaluación nos indica de forma resumida un posible defecto en la sustentación de las raíces debido a un hueco en el tronco sin riesgo estructural para la base pero que continúa hacia el suelo, la demolición del murete que conformaba el alcorque y las obras que

supuestamente han dañado las raíces, todo ello en la misma dirección, S-SE del árbol, lo que indica un posible riesgo de vuelco hacia esa dirección.

Cualquier síntoma de agravamiento de los actuales parámetros debe ser correspondido con el apeo inmediato del ejemplar.

Por otro lado, se trata de un árbol ejemplar, de una edad aproximada de 135 años, ligado a la Ermita de San Nicolás y **muy querido por los vecinos**, como demuestran las muestras de afecto y el movimiento popular puesto en marcha para salvar el árbol, hechos que se han producido recientemente. Asimismo, es un árbol único en el barrio, que cuenta con una cobertura arbórea muy deficiente, donde no se alcanza la recomendación de la **Organización Mundial de la Salud**, que establece que una ciudad saludable debería tener **un árbol por cada tres habitantes** (dato que debe ser extrapolado a cada distrito/barrio de la ciudad). Asimismo, se conoce que la tendencia a nivel mundial en materia de infraestructura verde y arbolado toma como referencia la **regla 3-30-300**, en la que los habitantes de una ciudad deberían tener próximos a sus casas 3 árboles, una cobertura arbórea del 30% y una zona verde a menos de 300m de su casa.

A todo esto, hay que añadir que los árboles maduros y de elevados diámetros generan unos **beneficios ecosistémicos** hasta 20 veces superiores a los de los árboles jóvenes de diámetros pequeños.

Por todo ello, entendemos que se deben dar recomendaciones para poder mantener este árbol, siempre que se pueda garantizar un adecuado nivel de seguridad para la ciudadanía.

Para mitigar el riesgo de vuelco en el árbol, se deberían acometer las siguientes actuaciones:

1. **Establecer un protocolo específico para evitar el paso de personas y vehículos en situaciones de meteorología adversa.** El riesgo de vuelco se produce durante estos fenómenos atmosféricos de lluvias y/o fuertes vientos, por lo que se deberán implementar protocolos de aviso a la ciudadanía con las alertas meteorológicas e información a pie de árbol. Este protocolo debería asimismo contemplar los días de mucho calor precedidos de lluvias intensas, que puedan provocar fenómenos de *Summer Branch Drop* (SBD), dado que este género es susceptible de romper ramas en estas circunstancias, incluso en días de ausencia total de viento.
2. **Apoyo del cimbal en la dirección de caída.** Existen sistemas terrestres específicos para arboricultura diseñados para la sustentación de ramas horizontales sin dañar a estas estructuras. Se debería realizar un estudio de la sustentación necesaria, ubicación y cálculo estático (momento de vuelco) para valorar su viabilidad.



Sistemas de anclaje de cimales



Sistemas de sujeción de ramas horizontales empleados en otras ciudades



Distintos tipos de vallados para limitar el paso al nuevo alcorque

3. **Restauración del alcorque sin dañar las raíces.** Se propone restaurar el alcorque pero con unas dimensiones mucho mayores que las anteriores, eliminando la capa impermeable de reciente incorporación. Esto permitiría a las raíces desarrollarse en esta dirección, incrementando la estabilidad del árbol. También se deberán dejar las raíces aéreas que lleguen al suelo para “apoyar” de forma natural al árbol.
4. **Colocar un vallado perimetral del nuevo alcorque** para impedir compactaciones del suelo y de las raíces en proceso de recuperación. Se debería prohibir aparcar vehículos particulares debajo del árbol.



Se debería prohibir aparcar vehículos particulares debajo del árbol

5. **Vigilar semestralmente** el estado del árbol. Anualmente se deberá hacer un informe completo, evaluando la estabilidad del sistema radicular.
6. **Colocar sensores** para determinar las variaciones diarias y semanales del movimiento del árbol. Del análisis de estos sensores se puede determinar si el árbol está agravando su estado de estabilidad actual.
7. **Compensar la copa**, con pequeñas podas de formación que eliminen peso en la parte S-SE de la copa, siempre de reducción y formación, en ningún momento de realce o de ramas bajas. Estas podas deberían ser supervisadas por técnicos especialistas en este tipo de árboles ejemplares.

Bibliografía

Argus electronic GmbH. (2010). *Description of tree inspection equipment*. Rostock, Germany.

Commission, F. (2010). www.forestry.gov.uk/forestry. Retrieved 2010 йил 02-Agosto

- Ellison, M. J. (2003). *Quantified Risk Assessment*. Westonbirt, UK: Proc. workshop.
- Erb, M., & Wessoly, L. (1998). *Handbuch der baumstatik und baumkontrolle*.
- Ferrari, M., Marcon, E., & Montermini, A. (1999). *Malattie e parassiti delle piante da fiore, ornamentali e forestali* (Vol. 1). Bologna: Edagricole.
- IML Instrumenta Mechanik Labor GmbH. (2010). *Fractometer II. For the measurement of bending and compression strength*. Wiesloch, Germany.
- Höster, H. R. (1993). *Tree care and tree protection*. Stuttgart.
- Lesino, C. P. (1994). *The Fractometer* (Vol. 8). AFZ.
- Lonsdale, D. (2009). *Principles of tree hazard assessment and management* (7th edition ed.). London: TSO (The Stationery Office).
- Lonsdale, D. (2003). *Overview of techniques and procedures for assessing the probability of tree failure*. Alton, Hampshire, UK: Proc. workshop.
- Matheny, N. P., & Clark, J. R. (1994). *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas* (2nd ed.). Urbana, USA: International Society of Arboriculture.
- Mattheck, C. (2007). *Updated field guide for Visual Tree Assessment*. Karlsruhe, Germany: Karlsruhe Research Centre.
- Mattheck, C. (1992). *Design in der Natur. Der Baum als Lehrmeister*. Freiburg, Germany: Romabach Verlag.
- Mattheck, C., & Breloer, H. (2010). *The body language of trees. A handbook for failure analysis* (11th edition ed.). London: TSO (The Stationery Office).
- Ruiz de la Torre, J. (2006). *Flora mayor*. Madrid: Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad.
- Rinntech. (2010). *Technology for wood and tree analysis*. Heilderberg, Germany.
- Sancho, J. (2001). *El Palacio Real de El Pardo*. Madrid: Patrimonio Nacional.
- Sinn, G., & Wessoly, L. (1989). *A contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees* (Vol. 13). Arboricultural Journal.
- Shigo, A. L. (1998). *Modern arboriculture: a systems approach to the care of trees and their associates*. Snohomish, WA, USA: Shigo and trees, Associates, LLC.
- Wessoly, L. (1995). *Boring is no way for reliable fracture diagnosis* (Vol. 9). Stadt und Gruen.
- Wessoly, L. (1998). *How hollow may a tree be?* Stuttgart, Germany: Neue landschaft tuin & landschap.
- Wessoly, L., & Erb, M. (1998). *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*. Berlin, Germany: Patzer Verlag.