

**PRIMER INFORME  
DEL GRUPO DE EXPERTOS  
DEL ARBOLADO  
DEL PARQUE DEL BUEN RETIRO**

**20 de noviembre de 2014**

# ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES

2.- OBJETIVOS

3.- BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL PARQUE DEL BUEN RETIRO

4.- EL ARBOLADO DEL PARQUE DE EL RETIRO

- Datos de inventario

- Caída de árboles

- Rotura y caída de ramas

5.- HIPÓTESIS INICIALES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE CAÍDAS DE ÁRBOLES Y RAMAS EN EL RETIRO

**A.- Hipótesis de caídas de árboles por vuelco o rotura de cuello**

1.- Posibles causas de los vuelcos y roturas de árboles enteros

2.- Roturas de árboles enteros por encima del cuello

**B.- Hipótesis de caídas de ramas**

6.- TRABAJOS PROPUESTOS

7.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS PROPUESTOS

**1.- Elaboración del protocolo de evolución de riesgo**

**2.- Preselección de ejemplares prioritarios objeto de estudio**

2.1- Para aplicación del protocolo de evaluación de riesgo

2.2- Para estudio de instrumentalización

**3.- Estudio de los ejemplares preseleccionados**

3.1- Estudio de aplicación del protocolo de evaluación de riesgo

3.2- Estudio de instrumentalización

A.- Estudio de instrumentalización con Tree-Radar

B.- Estudio de instrumentalización físico-mecánico

**4.- Estudio de presencia de hongos**

## 8.- RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

**A.- Recomendaciones de gestión de la conservación**

**B.- Recomendaciones en cuanto a gestión y explotación del parque**

**C.- Elaboración de documentos y estudios a futuro**

### ANEXOS

ANEXO 1.- INVENTARIO DEL ARBOLADO 2014.

ANEXO 2.- ÁRBOLES.CAÍDOS EN EL AÑO 2014.

ANEXO 3.- RAMAS CAÍDAS EN EL AÑO 2014.

ANEXO 4.- PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE RIESGO.

ANEXO 5.- INFORME PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE EJEMPLARES DE ÁRBOLADO EN EL PARQUE DEL RETIRO.

ANEXO 6.- INFORME SOBRE ANÁLISIS DE RAÍCES MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA TREE-RADAS EN EL PARQUE DEL RETIRO. MADRID. RESUMEN EJECUTIVO.

ANEXO 7.- INFORME FÍSICO-MECÁNICO MEDIANTE ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE ARBOLADO EN EL PARQUE DEL RETIRO. RESUMEN EJECUTIVO.



## 1. ANTECEDENTES

En los días 19 y 20 del mes de julio de 2014 se produjo la caída sucesiva de dos grandes ejemplares de árboles en el parque de El Retiro (un *Pinus halepensis* y un *Cedrus atlantica*). En ambos casos se trataba de ejemplares aparentemente sanos que no presentaban ningún signo externo de enfermedad o problema que hubiera permitido prever que estas caídas fueran a producirse. Se estableció, en consecuencia, la necesidad de ahondar en la gestión del arbolado que pudiera presentar patologías no detectables con métodos de inspección habituales.

Por ello, el Ayuntamiento de Madrid se planteó la necesidad de estudiar todas las técnicas actuales disponibles en el ámbito nacional e internacional, así como revisar todos los aspectos técnicos y metodológicos necesarios que pudieran derivar en un mejor conocimiento de lo sucedido. Estas revisiones deberían servir para establecer recomendaciones y planes de acción con el fin de minimizar el riesgo de caída de ejemplares arbóreos del parque.

Pero, además, se planteó un objetivo más ambicioso de revisión del origen y la gestión de la caída de ramas de los ejemplares del parque, con el fin de minimizar los riesgos derivados de estas situaciones.

Por estos motivos, inmediatamente después de las citadas caídas, el Ayuntamiento de Madrid creó un grupo de trabajo formado por expertos científicos en la evaluación y gestión de masas forestales y arbolado urbano, que en la actualidad está compuesto por:

- D. Carlos del Álamo Jiménez. Decano del Colegio de Ingenieros de Montes. Nombrado Presidente del Grupo.
- D. Antonio López Lillo. Ingeniero de Montes. Experto en arboricultura.
- D. Antonio Prieto Rodríguez. Catedrático de Universidad de la E.T.S.I. de Montes. Experto en ordenación, dasometría, valoración y gestión de montes, jardines y arbolado urbano y singular.
- D. José Antonio Saiz de Omeñaca. Profesor Titular de Patología Forestal de la E.T.S.I. de Montes.
- D. Ángel Muñoz Rodríguez. Jefe de Jardines y Montes de Patrimonio Nacional. Experto en gestión de montes periurbanos, jardines históricos y arbolado monumental.
- D<sup>a</sup> Laura Mendiburu. Presidente del Comité Hispano de la International Society Arboricultura (I.S.A.) y Representante de la Asociación Española de Arboricultura en la I.S.A. y en el European Arboriculture Council (E.A.C.).
- D<sup>a</sup> Marta Alonso Anchuelo. Directora General de Zonas Verdes, Limpieza y Residuos del Ayuntamiento de Madrid.
- D. Santiago Soria Carreras. Subdirector General de Parques y Viveros del Ayuntamiento de Madrid, que actúa además como Secretario del Grupo.

Hasta la actualidad el Grupo se ha reunido en seis ocasiones: el 21 de julio de 2014, como reunión de constitución, y, con posterioridad, el 29 de julio, el 11 de septiembre, el 6 de octubre, el 14 de octubre y el 20 de noviembre de 2014.

El presente documento deriva de los trabajos y estudios realizados por este grupo de trabajo y resume las actuaciones llevadas a cabo en el Parque de El Retiro como consecuencia de sus recomendaciones.



## 2. OBJETIVOS

Desde su creación, las misiones encomendadas al Grupo y que, por tanto, constituyen el objeto de este informe, han sido las siguientes:

1. Profundizar en el conocimiento del arbolado del parque de El Retiro, aspecto fundamental para determinar cuáles pueden ser las causas de las caídas de árboles y sus ramas.
2. Establecer las hipótesis por las cuales se pueden producir estas incidencias.
3. Elaborar un protocolo que permita:
  - Identificar los ejemplares de arbolado que, por sus circunstancias particulares y de su entorno, pudieran tener características similares a los que han sufrido caídas
  - Identificar los ejemplares que pudieran, por sus características, presentar un riesgo más elevado de caída (tanto en el caso de ramas como de árboles completos): Valorar el estado de los mismos de forma prioritaria.
  - Determinar aquellos que puedan requerir una intervención prioritaria.
4. Diseñar un Plan de Actuación extendido a todo el arbolado del parque que permita reducir al máximo los riesgos sobre las personas, manteniendo, a su vez, los valores naturales y paisajísticos del primer parque de nuestra ciudad.

Todos estos aspectos son los que se desarrollan a lo largo del presente informe.

### 3. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL PARQUE DEL BUEN RETIRO

El origen del actual Parque del Retiro se puede fijar en la Fundación Real del Monasterio de los Jerónimos por los Reyes Católicos. Este Monasterio, junto con terrenos colindantes, se otorgó como compensación por destruir el Convento de "El Paso", (en el camino hacia El Pardo). Se trata, por tanto, de terrenos que rodeaban y servían a dicho Monasterio, no de un jardín original, ideado y diseñado como tal para uso y disfrute de la realeza (aunque éste fue su uso posterior), lo que marca su fisonomía original sobre la que el paso del tiempo y los diferentes usos ha ido dejando su huella.

El nombre de El Retiro, tiene su origen en el hecho de que Junto al Monasterio, los Reyes tenían unos aposentos ("El cuarto"), utilizados para luto y para recogimiento religioso. Estos aposentos seguirían siendo utilizados por Felipe II y sus sucesores, hasta que en 1630, el rey Felipe IV lo convierte en palacio, citando los jardines y terrenos originales de la siguiente manera:

*"... teniendo entendido cuan importante es la continua residencia de mi Real persona y de mis sucesores en esta Corte, mandé fabricar la casa y palacio del Buen Retiro **con sus jardines, huertas y estanques** y todo lo demás que hoy está fabricado en el dicho sitio, con tal disposición, que yo y mis sucesores pudiésemos sin salir de esta Corte tener algún alivio y recreación y gozar más de cerca de la milagrosa imagen de Ntra. Sra. de Atocha y Guadalupe y de aquellos dos conventos..."*

Así, para ampliar los terrenos, el Rey se hizo con las posesiones agrícolas del Conde Duque de Olivares. Este hecho hizo que todos los madrileños, incluidos poetas de la importancia de Quevedo, pasaran a denominar a la nueva posesión real "el gallinero". Esta denominación molestaba sobremanera al Rey, que llegó a prohibirlo, obligando a que se le diera el nombre de "El Buen Retiro". En ese momento, la extensión de los Jardines de El Buen Retiro, era de aproximadamente 145 Has.

El Palacio, y con él su jardín, decae desde finales del XVII. Si bien, vuelve a gozar de una época de gran esplendor tras el incendio del Palacio Real de Madrid (antiguo Alcázar) en 1734. Es a partir de entonces cuando el Palacio de El Buen Retiro pasa a ser la residencia de los Reyes, ya con el primer Borbón, Felipe V, y hasta la inauguración del Palacio Real actual (reinaugurado con Carlos III en 1764).

La nueva utilización del palacio como residencia real, tuvo su reflejo en los jardines. Así, de esta época es el gran parterre estilo francés diseñado por Mulot bajo la dirección de Robert de Cotte, rehecho varias veces, a lo largo de su historia, la última en 2012 especialmente en la reposición de las plantaciones de boj. En él se encuentra el árbol más famoso del Retiro, el Ahuehuete "árbol viejo del agua" (*Taxodium mucronatum*), de edad incierta, que algunos cifran en más de 300 años, si bien estudios recientes parecen aproximarle más a 200, lo que coincidiría con las plantaciones posteriores a la destrucción causada en la Guerra de la Independencia. Esta guerra supuso casi la destrucción del parque y la desaparición de muchos de sus elementos.



Consecuencia de ello, es que el parque de El Retiro, aún siendo un parque histórico-artístico, no cuenta apenas con elementos vegetales de una edad superior a los 200 años.

El parque de El Retiro ha sufrido a lo largo de su historia numerosos cambios, entre ellos, el de su superficie: Así, el actual parque, tiene una extensión menor que la original. El origen de este cambio hay que buscarlo en el año 1865, cuando la Corona vende prácticamente un tercio de su superficie a particulares, quedando con las 118 hectáreas actuales, aunque con sus límites no bien definidos. Esta decisión contrarió en gran medida al pueblo de Madrid, ya que los jardines eran posesión real no privativa de la Reina.

Aproximadamente 3 años después, concretamente el 6 de noviembre de 1868 el Retiro pasa a ser parque público, por Decreto, citando su artículo 1: "El gobierno provisional cede para parque de Madrid el sitio del Buen Retiro en toda su extensión. El Ayuntamiento de Madrid deberá respetar los límites actuales y destinarlo exclusivamente a recreo del vecindario de esta Capital". No obstante, en 1874 se abre la calle "de Granada", ahora de "Alfonso XII", lo que exige la corta de 2000 árboles y separa físicamente el Retiro de lo que luego sería sede de Correos (ahora sede de la Alcaldía de Madrid) y del Paseo del Prado, estableciéndose así de forma inequívoca uno de los límites actuales del parque.

El siglo XX también significó cambios importantes en el parque, algunos consecuencia de la Guerra Civil española. En 1915 se crea uno de los espacios más emblemáticos del Parque, que es la Rosaleda del Retiro, que cuenta actualmente con una colección de más de 4.000 rosales. Esta zona sufrió importantes afecciones durante la Guerra Civil, pero a su término fue rehecha y es hoy uno de los lugares más visitados de la ciudad.

En 1935 es declarado Jardín Histórico Artístico, y tras la guerra civil, que no supuso daños excesivos, al ser respetado por los dos bandos, se inició el proceso de su restauración bajo el mandato del Jardínero Mayor Cecilio Rodríguez, que ya lo había sido antes de la contienda. De este periodo posterior a la Guerra Civil data la construcción de los conocidos Jardines de Cecilio Rodríguez.

Ya en el siglo XXI, podría decirse que el último cambio de fisonomía importante sufrido por alguna zona del parque, data del año 2005, cuando sus Majestades los Reyes inauguraron el último gran monumento que alberga, conocido como "Bosque el Recuerdo", donde 192 olivos y cipreses recuerdan a los fallecidos en el trágico atentado del 11 de marzo.

Es difícil concebir el Retiro sin otros elementos característicos, algunos de los cuales subsisten hoy en día y constituyen una seña de identidad del propio parque. Se trata, entre otros de sus edificaciones, fuentes y lagos. Todos estos elementos, también han sufrido cambios a lo largo de la historia del parque, como es el caso de las múltiples pequeñas ermitas, que se utilizaban tanto para actos religiosos como lúdicos y profanos, y todas ellas dedicadas a santos o Vírgenes como las de la Magdalena, San Bruno, San Isidro, San Pablo, San Blas, San Antonio, etc. y que han desaparecido.

Con relación a los edificios que albergaba el Retiro, por supuesto el primero y principal fue el gran palacio en que se convirtió el antiguo aposento de Felipe II,



y que fue ampliado repetidas veces. No obstante, del inmenso palacio solo queda en la actualidad el lado norte del patio de fiestas, hasta hace poco Museo del Ejército, y el Casón del Buen Retiro, (lado norte del antiguo patio de fiestas), hoy totalmente remodelado. Hoy, estas fachadas están ubicadas fuera del recinto cerrado del Parque, separadas del mismo por la calle Alfonso XII.

Otros edificios emblemáticos son el Observatorio Astronómico de Juan de Villanueva, (sobre la antigua emita de San Blas) de 1790 que es destruido en la guerra de la Independencia y rehecho después por Narciso Pascual y Colomer en 1845. En época de Fernando VII, también tras la guerra de la Independencia se crea "el reservado", y aunque no se restaura el palacio ni las ermitas, aparecen una serie de caprichos, entre los que destacan la Casa de Fieras (que duró de 1830 a 1972), la Montaña Artificial o de los Gatos, la Casita del Contrabandista (ahora Florida Park), la Casita del Pobre, la Casita Rústica, la Casita del Pescador, (que se conserva y ha sido recientemente restaurada), la Casita Persa, la Pajarera, etc.

Ya en pleno siglo XIX se crean el Palacio de Velázquez, del Arquitecto Ricardo Velázquez Bosco, para la exposición de Minería y Bellas Artes de 1883 y con posterioridad, por el mismo Arquitecto el Palacio de Cristal para la exposición de Filipinas en 1887. Estos dos edificios se conservan en perfecto estado, así como la rehecha Casa de Vacas, Centro Cultural en la actualidad.

En el mismo siglo XIX, concretamente en 1896, desde el patio del Museo Arqueológico y por donación particular se llevan al Retiro las ruinas de la iglesia prerrománica dedicada a San Pelayo en Ávila y donde al parecer descansaron los restos de San Isidoro de Sevilla en su traslado a León en 1062.

En el siglo XX es de destacar la creación del pabellón y jardines de Cecilio Rodríguez, en principio destinado a albergar fauna ibérica, lo que nunca hizo, siendo hoy en día un lugar de representación y constituyendo sus jardines una zona muy visitada dentro del parque.

Pero si por algo es conocido el parque e El Retiro es por su famoso lago, junto con el conjunto monumental de su exedra dedicada a Alfonso XII. Este lago y los elementos hidráulicos del parque también han sufrido modificaciones a lo largo de la historia. De hecho, además del gran estanque, que se conserva, existía el canal grande, el canal chico, el estanque ochavado o de las campanillas y gran cantidad de fuentes y manantiales.

No obstante, afortunadamente, se conservan actualmente varias fuentes importantes entre las que cabe destacar la Fuente de los Galápagos, la de la Alcachofa, la ya citada Fuente Egipcia y la Fuente del Ángel Caído de Ricardo Belver, de 1879, que tiene fama de ser la primera fuente dedicada al demonio en el mundo.

Esta reseña histórica, demuestra que el Parque de El Retiro, es un jardín que constituye un todo formado por múltiples elementos, no solo vegetales, sino histórico-artísticos de muy variadas tipologías, que están interrelacionados y que deben ser tenidos en cuenta para su gestión conjunta, al tiempo que se compatibilice con los usos demandados por los ciudadanos de Madrid, y que estos aspectos son fundamentales a la hora de decidir sobre criterios de actuación presente y futura del parque.



#### 4. EL ARBOLADO DEL PARQUE DE EL RETIRO

El arbolado del Retiro ha sufrido variaciones importantes a lo largo de su historia, tal como se ha indicado en el apartado anterior; algunas debidas al devenir histórico y urbanístico de la ciudad, como los grandes destrozos, tanto causados por guerras y revoluciones, destacando entre los primeros la Guerra de la Independencia que lo destruyó casi en su totalidad, así como por la venta en 1865 de casi 1/3 de su superficie, con pérdida estimada de 2.000 árboles.

Además, como en el resto de la ciudad, el arbolado del parque ha estado sometido a los efectos de la naturaleza (tempestades y envejecimiento natural). Así, en 1886 sufrió un grave temporal, que derribó incluso la "Casa de Vacas" (rehecha en el siglo XX), y en 1991 otro temporal hizo caer más de 600 árboles.

Sin embargo, el control o el conocimiento exacto del número de ejemplares que han poblado el parque no es conocido desde antiguo de manera fiable, ya que inventarios como el realizado en 1888, en que se citan 158.400 árboles, son sin duda erróneos, puesto que significaría que existirían prácticamente 1.400 pies por ha, cifra que corresponde más bien a una masa forestal que a un jardín.

Como consecuencia, para la elaboración de este informe, únicamente se han tenido en cuenta datos más modernos, a los que se puede atribuir fiabilidad suficiente.

##### Datos de Inventario:

Los primeros datos disponibles que se consideran fiables son los del inventario de 2004; se censaron 17.859 árboles de 136 especies diferentes (3.040 jóvenes, 13.106 maduros, 1.668 viejos y 43 sin evaluar).

El inventario total a 17 de mayo de 2012 arroja la cantidad de 15.282 árboles de hoja caduca y 4.120 de hoja perenne, con un total por tanto de 19.402 árboles, de 143 especies diferentes, siendo junto con los Jardines de Aranjuez y el Botánico, uno de los jardines con mayor variedad botánica de la Comunidad Autónoma de Madrid.

En la actualidad, según el último inventario correspondiente a noviembre de 2014, se encuentran en el Retiro 19.034 árboles de 167 especies diferentes.

A partir de los datos de estos tres inventarios se puede indicar que el número de árboles del parque se ha ido mantenido sensiblemente constante en los últimos años, llegando a superar la cantidad existente en el año 2004.

De la misma manera, la variedad de especies que alberga El Retiro se ha ido ampliando de forma continuada. Este aumento de variedades supone un incremento de la riqueza botánica del parque, además de constituir un criterio de gestión beneficioso desde el punto de vista técnico, dado que disminuye el riesgo de deforestación y de propagación que pudiera producirse en caso de plagas extraordinarias o de enfermedades, que pudieran afectar a determinadas especies. De hecho, este tipo de ataque masivo se



produjo desde 1990 por la grafiosis agresiva del olmo, lo que obligó a la sustitución de gran cantidad de individuos, aprovechándose para introducir otras especies que han aumentado la riqueza botánica del Parque.

En el Anexo nº 1 de este informe, se incluye la tabla resumen con el inventario del año 2014, en la que se refleja, por cada especie, el número de ejemplares, así como su edad, clasificada en joven, maduro, viejo, decrepito o muerto. Los ejemplares que se encuentran clasificados como muertos son objeto de tala prioritaria, seguidos por las unidades consideradas como decrepitas una vez analizado su riesgo. En el momento de la elaboración de este inventario, el porcentaje de ejemplares muertos era de 0,1%, correspondiendo el mayor porcentaje de ejemplares a la categoría de maduros, con un 58% (figura 1). Como es lógico, la edad del arbolado es un parámetro importante a tener en cuenta en la gestión de su conservación, dado que la posibilidad de presentar patologías aumenta en general con la misma, al igual que los riesgos de afección derivados de fenómenos atmosféricos adversos.

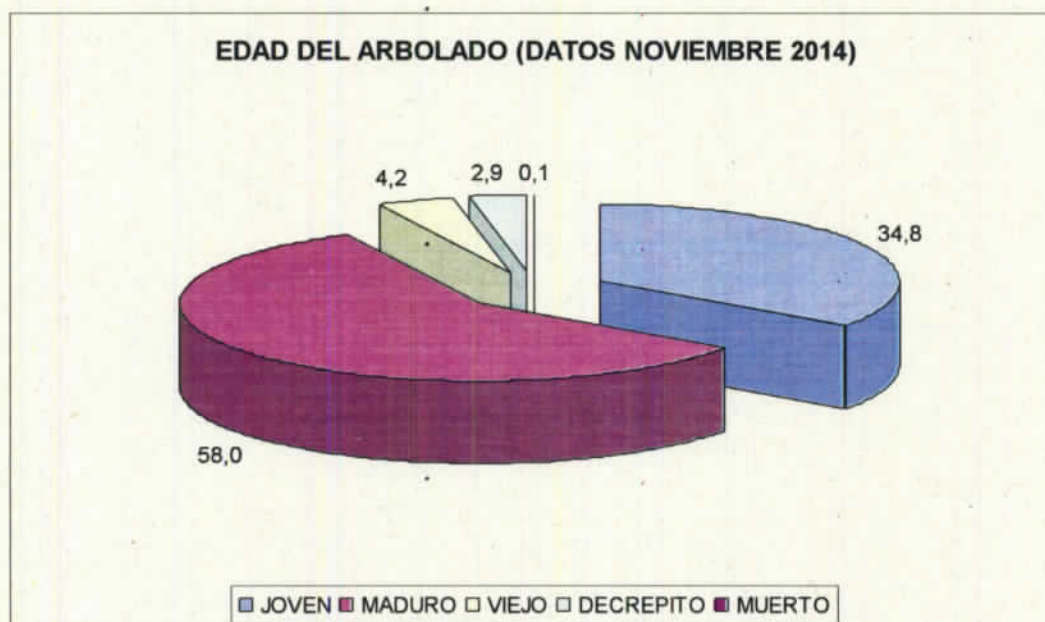


Figura 1. Porcentaje de arbolado distribuido según edad

### Caída de árboles:

Respecto a la caída de árboles, o tronchado de troncos enteros, no existen datos diferenciados hasta 2012, ya que normalmente, hasta ese momento se contabilizaban incluyéndolas en la categoría de las "bajas" por apeo.

Los datos existentes a partir de 2012, ofrecen la siguiente estadística:

- En el año 2012 cayeron o se troncharon 30 pies, al igual que en el año 2013 en que igualmente fueron 30 los árboles caídos y tronchados.
- En el año 2014, y hasta el 15 de noviembre, se han caído o tronchado 29 árboles, cifra curiosamente muy similar a 2012 y 2013, si bien tres de ellos se encontraban sanos y han sido arrastrados por las caídas de



otros. A estos hay que sumar 4 que se han quitado en pie por su peligrosidad y 2 pequeños ejemplares destruidos por vandalismo.

En el Anejo nº 2 se incluye la tabla de los 21 ejemplares caídos en El Retiro en el año 2014. La especie que ha presentado más caídas con diferencia han sido los 7 *Pinus pinea* (24,14% de las caídas), seguidos por los *Pinus halepensis* con 3 ejemplares (10,34%). Se da la circunstancia de que ninguno presentaba signos externos que pudieran hacer adivinar su caída.

El número de ejemplares (Anexo nº 2) de *Pinus pinea* en el Parque es de 557 (2,92 %) y el de *Pinus halepensis* de 178 ejemplares (0,93 %).

El número de ejemplares caídos del resto de las especies ha sido de uno en la mayoría de los casos o de dos ejemplares a lo sumo.

### **Rotura y caída de ramas:**

Durante el año 2014 se han tronchado, desgajado, trabado, o quedado colgando 116 ramas.

No existen datos anteriores de incidencias de ramas, que puedan ser estadísticamente comparables, pero posiblemente sea el nivel aproximado de los años anteriores.

En el Anejo nº 3 se incluye la tabla de ramas caídas y las especies de árboles a los que pertenecen. Las especies en las que se ha repetido este hecho más veces han sido las *Gleditsia triacanthos* con 20 ramas caídas, las *Sophora japonica* con 19 ramas caídas y los *Aesculus hippocastanum* con 15 ramas caídas. Les siguen ya con mucha distancia los *Platanus hispanica* con 9 ramas. El porcentaje de árboles de estas especies que han sufrido rotura de ramas es de 3,60%, 4,02%, 0,23% y 0,94%, respectivamente.

## **5. HIPÓTESIS INICIALES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE CAÍDAS DE ÁRBOLES Y RAMAS EN EL RETIRO**

En principio, parece claro que las incidencias del Retiro (y de cualquier otro parque o arbolado) tienen causas distintas según se trate de caídas del árbol entero o bien de ramas o troncos altos codominantes, y, por tanto, se estudiarán por separado. De hecho, las estadísticas ofrecidas sobre las caídas de árboles y ramas en el año 2014 indican que los casos más frecuentes corresponden a especies distintas. Si bien, en el caso de árboles enteros, la principal preocupación son los pinos, en el caso de las ramas, la mayor preocupación son las falsas acacias. Si a las falsas acacias le sumamos los castaños de Indias, se observa que cuatro especies representan el 50% de las caídas totales de ramas.

### **A. Hipótesis de caídas de árboles por vuelco o rotura en cuello:**

Examinadas las condiciones existentes en El Retiro junto con la experiencia acumulada sobre estos temas, se han establecido las siguientes hipótesis sobre las causas de las caídas de árboles enteros. Estas son:

#### **1. Posibles causas de los vuelcos y roturas de árboles enteros:**

- Por lo observado hasta la actualidad, las coníferas (especialmente pinos y cedros) son claramente más sensibles al vuelco y/o rotura por el cuello. No obstante, existen factores cuyo análisis se puede hacer extensivo a todo el arbolado, aunque en mayor o menor medida según las especies.

El riesgo de caída es más elevado en ejemplares que presentan:

- Edad avanzada, por su mayor riesgo a que con el paso del tiempo se hayan desarrollado patologías, sobre todo en las raíces, lo que afecta a su estabilidad.
- Portes grandes o medianos, por presentar un efecto vela más elevado al ser, sobre todo los pinos, más esbeltos y presentar una copa mayor.
- Inclinación, por presentar una distribución de cargas con momentos flectores mayores, lo que favorece la posibilidad de vuelco.
- Se asientan sobre céspedes, con riego normalmente por aspersión. Se trata de sistemas de riego en el que se aporta más agua a la pradera que la que a priori demandaría el árbol. Como consecuencia el árbol puede no desarrollar su sistema radical en la búsqueda de agua de forma correcta (el árbol desarrolla raíces más superficiales y menos densas). En ocasiones incluso se afecta a las raíces de anclaje.
- Sus raíces se encuentran sobre-enterradas, en algunos casos hasta más de 1 metro. Si bien este efecto podría parecer, a primera vista, como positivo para la estabilidad ("viga enterrada"), es muy normal que las raíces con este efecto



mueran o se encuentren muy debilitadas por ataques de hongos (especialmente *Armillaria mellea*, y *Phytophthora sp.*) que disminuyen drásticamente la resistencia mecánica de las mismas. Este efecto se ve favorecido por la falta de respiración, debido a la escasez de oxígeno.

- Otra posible afección al arbolado deriva del uso intensivo a que está sometido el propio parque. Si bien se debe intentar compatibilizar el disfrute de este jardín con su conservación, la celebración continuada de eventos multitudinarios provoca la invasión de las zonas cercanas a los árboles, compactando el terreno de forma no natural. Esta compactación dificulta la entrada de oxígeno a las raíces de los árboles, favoreciendo el desarrollo de pudriciones.
- Si bien no parece el caso de El Retiro, también puede ser causa de caída la práctica en el pasado de desmoches o podas drásticas, pues a su peligrosidad por caída de ramas, puede sumarse, de acuerdo con la bibliografía, el peligro de vuelco por rotura.
- La presencia de exudaciones, heridas grandes, pudriciones (activas o no) o grietas en el cuello de la raíz, pues la presencia de estas patologías indican que esa sección del árbol es más débil y por tanto presenta mayor probabilidad de rotura en esa zona. Es el caso de cavidades pequeñas o de no existencia de cavidades, cuando la destrucción de madera ocupa más del 66% del radio del árbol (pared residual útil, por tanto menor al 33 % del radio). Si las pudriciones o las oquedades son abiertas y de gran tamaño, este límite puede verse disminuido.

## **2. Roturas de árboles enteros por encima del cuello:**

En este caso, las causas de rotura son prácticamente las mismas que en el sub-apartado anterior, excepto en lo que se refiere a las patologías sobre la falta de desarrollo del sistema radical o a la pudrición de las propias raíces, ya sea por la aparición de hongos o por la pudrición por falta de oxígeno o por la combinación de ambas.

Entre las causas más probables, se pueden citar:

- La presencia de exudaciones, heridas grandes, pudriciones (activas o no) o grietas a lo largo de todo el fuste, o fustes, por encima del cuello de la raíz, pues la presencia de estas patologías indican que esa sección del árbol es más débil y por tanto presenta mayor probabilidad de rotura en esa zona.
- En otros casos, los troncos pueden estar sanos o poco atacados, pero el árbol, por condiciones anteriores, puede tener un excesivo índice de esbeltez, que se agrava si las condiciones de su entorno han sido modificadas (construcción o eliminación de edificios, corta de árboles cercanos, podas de resubido excesivas, etc.).



## **B. Hipótesis de caída de ramas:**

Si bien parece haber dos casuísticas diferentes, según las ramas se partan en la inserción con otra rama o con el tronco, o bien se partan a lo largo de su trayectoria, éstas son difícilmente diferenciables en principio, por lo que, por ahora, se estudiarán conjuntamente.

Así, entre las causas más probables, se pueden citar:

- El efecto de la caída de ramas debido a fuertes vientos. Parece claro por la bibliografía consultada, que vientos superiores a 64 km/h. causan daños casi seguros si no existe defensa física del árbol, pudiendo ser catastróficos a más de 100 km/h. (vendaval). La caída de ramas es más frecuente, lógicamente, que la caída del árbol completo, entre otras cosas porque muchas veces es una defensa del individuo, que evolutivamente saca más provecho reproductivo por supervivencia, al perder parte de las ramas a favor de no morir.
- El factor genético. La posibilidad de incidencias de caída de ramas, tiene un componente genético, con especies más sensibles que otras por tener la madera más quebradiza. De acuerdo con la bibliografía existente, y con los casos ocurridos en Madrid, de las especies de El Retiro las más sensibles serían las robinias, sóforas y acacias de tres espinas (las llamadas "falsas acacias"), así como los castaños de Indias, olmos de Siberia, melias, sauces y chopos.
- El sometimiento a antiguas prácticas de poda que han demostrado ser perjudiciales a largo plazo para el árbol, como los desmoches o podas drásticas, ya que sobre la herida generada en la poda drástica, es muy normal que aparezcan ramas vigorosas, pero de muy escaso agarre a las zonas castigadas con anterioridad, por lo que suponen un punto débil en la estructura del árbol.
- La presencia de pudriciones (como efecto principal), grietas, chancros, deformidades, etc.
- La presencia de ramas especialmente largas, con ángulos muy horizontales y especialmente con uniones débiles (principalmente con corteza incluida, pudriciones, o deformaciones). El problema de corteza incluida es típico en algunas especies muy comunes en El Retiro como plátanos y chopos que alcanzan grandes tamaños, y deben, por tanto, ser especialmente vigilados. Otras especies típicas como los perales de flor, ocozol, etc. o se encuentran en menor cantidad o son de menor tamaño, por lo que en principio su posibilidad de peligrosidad se considera menor.
- La presencia de ramas codominantes, y, en especial, si se asientan sobre zonas con podredumbre fúngica, también representan normalmente situaciones que favorecen su caída.

- En el caso de las caídas sufridas en los meses de verano, puede darse el fenómeno conocido como "caída de ramas de verano" ("summer branch drop") de origen desconocido pero que parece estar relacionado con épocas de poca humedad y temperaturas altas. Este efecto parece afectar, claramente, a la resistencia de los vasos interiores, por diferencia de presión de llenos a vacíos, conociéndose como "efecto manguera".
- La bibliografía también menciona el fenómeno conocido como "caídas repentinas de ramas" ("sudden limb drop"), que se produce también por causas no conocidas en días calurosos con viento y tras las primeras lluvias que siguen a períodos de sequía (posiblemente se deba al aumento de peso por el agua unido a posibles daños internos). Entre las especies típicas de estos efectos citadas en la bibliografía, se encuentran los castaños de indias, eucaliptos, fresnos, plátanos, pinos, chopos, sauces y olmos, muchas de las cuales han presentado incidencias en El Retiro.



## 6. TRABAJOS PROPUESTOS

Teniendo en cuenta las hipótesis iniciales mencionadas en el apartado anterior, se proponen los siguientes trabajos destinados a profundizar en la evaluación de la situación real y de plantear recomendaciones de actuación futuras:

1. Elaboración del protocolo de evaluación de riesgo del arbolado de los Jardines del Buen Retiro.
2. Preselección de los ejemplares que aparentemente pueden presentar mayor riesgo de caída, ya sea de árboles o de ramas.
3. Aplicación del Protocolo de evaluación de riesgo y de sistemas de instrumentalización.
4. Detectar la presencia de hongos que pudieran estar afectando al sistema radical del arbolado de El Retiro.



## **7. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS PROPUESTOS**

A continuación se resume brevemente el desarrollo de los trabajos propuestos en el apartado anterior.

### **1. Elaboración del protocolo de evaluación de riesgo**

Para la elaboración del protocolo se han tenido en cuenta tanto metodologías ya utilizadas, como nuevos elementos derivados de la experiencia de todos los expertos que han participado en el trabajo. Se han incluido todos los datos aprovechables existentes ya en el inventario de El Retiro y se ha pretendido seguir una metodología rápida, fácil y fiable de toma de datos. Se trata por tanto de un compendio y ampliación de las distintas fichas usadas por diversos especialistas, de modo que este protocolo incluye datos de inventario, estado, entorno y necesidad de instrumentación.

Este protocolo es la base para determinar finalmente el riesgo de colapso, rotura o caída de cada ejemplar o sus partes, así como para la actualización del inventario y pieza fundamental para las recomendaciones de actuación, en cada caso.

Para la selección del método que permita evaluar la estabilidad de los árboles, se ha decidido, en una primera instancia, utilizar un método ya estudiado en la bibliografía existente en lugar de elaborar uno propio. Se ha seleccionado el más utilizado, con el fin de poder establecer comparaciones si es necesario con experiencias nacionales e internacionales. Por ello, se ha propuesto utilizar el método Pokorny, para evaluar la estabilidad de los árboles. Este método se basa 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 la 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.

El protocolo se ha plasmado en una ficha muy completa que facilita la toma de datos en campo y que tiene en cuenta desde datos de inventario y estado sanitario a recomendaciones de actuación teniendo en cuenta la seguridad. Esta ficha se incluye como Anejo 5 de este informe.

Para cada árbol se tienen en cuenta:

- Datos de caracterización, en concreto, especie forma y porte; características dendrométricas (diámetro normal, alturas total y de fuste, longitud de la copa y porcentaje de inclinación del tronco).
- Características selvícolas (dominancia, tratamientos pasados y tratamientos futuros).
- Características biomecánicas (plagas, daños abióticos y pudriciones en raíces, tronco, ramas y hojas).



- Estado sanitario general.
  - Singularidad.
  - Peligrosidad en tronco y en ramas.
  - Enfermedades, hongos, plagas, bacteriosis y otras.
  - Edad, esperanza de vida.
- Riesgos sobre las personas (o bienes) en caso de caída según el uso de las diferentes zonas del parque (efecto diana).
- Otras características (tumorações, brotes epicórmicos, tableado, hiedra, aerotropismo, despuntado, ramiseco, puntiseco, etc.)

Se tomarán fotografías digitales de cada árbol, se cartografiará su posición y se elaborará una base de datos con toda la información. Todo ello se implementará en un sistema de información geográfica para facilitar su gestión.

## **2. Preselección de ejemplares prioritarios objeto de estudio**

A continuación se describe el método y los factores tenidos en cuenta para seleccionar los ejemplares analizados y cuyos resultados se resumen en este informe. Es importante destacar que, además de la situación y estado propio de cada ejemplar, todos ellos presentan elevada diana debido al tránsito continuo de personas en su radio de influencia y, en algunos casos, parques infantiles y mobiliario urbano. Este ha sido también un criterio prioritario en todos los casos.

### **2.1 Para aplicación del protocolo de evaluación de riesgo.**

Como paso previo a la aplicación sistemática del protocolo de evaluación de riesgo y teniendo en cuenta el número de ejemplares con que cuenta el Parque de El Retiro, se planteó la necesidad de preseleccionar aquellos ejemplares que, a priori, pudieran presentar más riesgo. Para ello, se decidió utilizar algunos de los parámetros de dicho protocolo, concretamente aquellos que se consideraban más determinantes, así como la instrumentalización que se considerara necesaria para la primera toma de decisión.

La utilización de estos parámetros en una primera instancia permite una preselección rápida, pero bastante fiable, de posibles ejemplares con cierto riesgo.

Estos ejemplares han sido determinados en tres fases:

- En la primera fase, del conjunto de árboles de El Retiro se seleccionó una muestra de 4.905 árboles que incluían todos los ejemplares de las especies consideradas de mayor riesgo y aquellos cuya edad fenológica los catalogara como viejos.



- En la segunda fase, se revisaron los 4.905 árboles y se clasificaron en categorías A, AB, B, BC y C (Anejo 6) en función de su necesidad de actuación o revisión.
- En la tercera fase se seleccionaron los ejemplares que presentaron necesidad de actuación o revisión en menos de nueve meses (categorías A, AB y B). Como consecuencia de este trabajo de selección en función de su especie, edad, situación fitopatológica o similitud con otros que han sufrido cualquier tipo de accidente, se eligieron 814 para su estudio aplicando de modo prioritario el protocolo de evaluación de riesgo.

De la preselección realizada, se observa que las áreas del parque que presentaban mayor número de ejemplares a estudiar han sido Campo Grande (242 árboles) y Herrero Palacios (130 árboles), constituyendo ambos el 46% de la muestra estudiada.

## **2.2 Para estudio de instrumentalización**

Además de los 814 ejemplares para aplicación prioritaria del protocolo de evaluación de riesgo, se han realizados dos preselecciones adicionales:

- a. Una en árboles considerados con posibilidad de presentar mayores problemas de raíz. El procedimiento se llevó a cabo a partir de evaluación de síntomas visuales o por detectarse un claro enterramiento del árbol por recrecido del terreno, que pudiera afectar al sistema radical. En estos árboles se decidió realizar un estudio de sus características mediante instrumentalización con los equipos más avanzados que existen actualmente (*tree radar*). Dentro de esta categoría se seleccionaron 110 ejemplares, parte de la cuales (22) ya estaban incluidos entre los 814 árboles para aplicación del protocolo.
- b. Otra selección de árboles que aun no presentando patologías externas, se consideró, en base a la experiencia acumulada del personal cualificado del Parque, que podrían ser proclives a generar riesgos de caída o rotura. Se ha estudiado su estabilidad física y mecánica con el instrumental más adecuado para ello mediante tomógrafo sónico, tomógrafo de impedancia eléctrica y resistógrafo. Dentro de esta categoría se seleccionaron 101 ejemplares, de los que 32 también han sido objeto de evaluación a partir del protocolo.

## **3. Estudio de los ejemplares preseleccionados.**

En este apartado en el que se reflejan los estudios y resultados alcanzados, se han distinguido los casos en los que los ejemplares se seleccionaron para la aplicación del protocolo de evaluación de riesgo y aquellos que se han procedido a instrumentalizar por presentar ciertos síntomas de posibilidad de rotura en cuello o de vuelco.

### **3.1 Estudio de aplicación del protocolo de evaluación de riesgo**

Una vez seleccionados los 814 ejemplares con un riesgo de caída total o de ramas a priori más elevado, se ha procedido a realizar una inspección visual completa, utilizando el protocolo aprobado por el Comité, si bien, en la fase de



estudio uno de ellos causó baja, quedando definitivamente 813 unidades. Dicho análisis ha finalizado y su memoria ejecutiva se incluye en el anejo 6 de este informe.

De esta inspección se inferirá la necesidad de estudio en profundidad, incluidos, en su caso, nuevos estudios instrumentales, de aquellos que no siendo netamente peligrosos (éstos son eliminados o podados cada vez que se detectan) necesitan de manera no inminente, pero sí prioritaria, poda, cableado, o cualquier otro tipo de actuación.

Durante los trabajos de evaluación se detectaron 16 ejemplares que presentaban riesgo elevado y que procedieron a apearse de forma inmediata, quedando otros 797 ejemplares en pie a la fecha de la redacción de este informe.

De cada uno de estos ejemplares, se ha realizado una clasificación de su riesgo de rotura de tronco, de cimales y de ramas. Para cada uno de ellos, se obtiene un valor de 1 a 5 (siendo 1 menor riesgo y 5 mayor riesgo). En cuanto a las mayores categorías de riesgo se han obtenido los siguientes resultados:

- En lo que se refiera a riesgo 5 (necesidad de actuación inmediata), se detectaron 7 unidades con riesgo en tronco (0,88%), 15 unidades con riesgo en cimales (1,88%) y 19 unidades con riesgo en ramas (2,38%), sobre los que se está actuando de modo inmediato.
- En riesgo 4 (presentan defectos graves estructurales, fitopatológicos o morfológicos, pero que no representan riesgo inminente), se han detectado 22 ejemplares con riesgo en tronco (2,76%), 34 ejemplares con riesgo en cimales (4,27%) y 44 ejemplares con riesgo en ramas (4,49%).

### **3.2 Estudio de instrumentalización.**

Como se ha indicado a lo largo del informe, la aplicación del protocolo de evaluación de riesgo se ha ampliado en algunos casos con una testificación instrumental, bien utilizando *tree radar* para determinar la existencia y distribución de las raíces, o bien con análisis físico-mecánicos (tomógrafo sónico, tomógrafo de impedancia eléctrica y resistógrafo). Estos estudios se describen por separado.

#### **a) Estudios de instrumentalización con tree-radar:**

Se han testificado 110 ejemplares considerados potencialmente más propensos a posibles vuelcos o roturas en sus raíces con el estudio con el tree-radar. No obstante, se han obtenido resultados de 107 por haber causado baja 2 de ellos y problemas técnicos en uno. El resumen ejecutivo de este informe aparece en el Anejo 7 de este informe.

El tree-radar es en realidad un georradar (GPR) que se basa en la emisión de impulsos electromagnéticos de muy corta duración (entre 0.6 ns y 10 ns) en la banda de frecuencias de UHF-VHF y en el principio de reflexión de ondas electromagnéticas que se propagan en un medio. Cuando la onda



electromagnética emitida desde la antena hacia el suelo encuentra un objeto en su camino con diferentes propiedades electromagnéticas, esta se refleja o refracta desde el objeto de una manera predecible.

Las diferencias electromagnéticas existentes entre las raíces de los árboles y el suelo estructural que las rodea proveen de las propiedades de contraste y reflexión necesarias como para ser detectadas mediante GPR. La adaptación de esta técnica para el uso concreto de detección de raíces ha sido desarrollada y patentada por la empresa norteamericana tree-radar con el nombre comercial TRU (tree-radar unit).

El software especializado tree win TBA permite la detección de las raíces, y muestra su distribución en vistas en planta y perfil. Se utilizó una antena de 400 MHz para detectar raíces de un diámetro de 20 mm o superior, hasta una profundidad de 2-2'5 m.

A partir de la información proporcionada por el equipo, los árboles se clasifican en tres categorías (verde, amarillo y rojo), que califican al árbol de la siguiente manera:

	Árbol con una densidad de raíces razonable para mantener buenas condiciones de salud.
--	---

	Árbol con poca densidad de raíces, donde se recomienda realizar actuaciones de mejora del suelo, para favorecer nuevos crecimientos radicales en el horizonte superior.
--	---

	Árbol con muy poca densidad de raíces, que supone un riesgo alto para la estabilidad. Se recomienda la retirada del ejemplar.
--	---

Las actuaciones recomendadas a seguir para cada clasificación son:

Sin recomendaciones.

Valorar la realización de actuaciones de mejora de las condiciones de enraizamiento, para favorecer un mayor desarrollo de la densidad radical. Estas actuaciones no son una ciencia exacta y sus beneficios pueden no ser observables hasta pasados algunos años, pero son fundamentales para prevenir una posible degradación posterior.

Corta o sustentación artificial urgente.

El resultado del estudio de los 107 ejemplares (que se incluyen como Anejo 6 de este informe), muestra que caso tan solo uno de los árboles estudiados (ID 24667) se encuadraban en la categoría roja. Para este árboles, el informe externo indica textualmente:

*Los árboles inspeccionados en el Parque del Retiro presentan un más que correcto mantenimiento. Los resultados de los escáneres muestran como estos árboles tienen su sistema de raíces enterrados, pero tan sólo en uno de ellos se recomienda el apeo debido a la falta de raíces, aunque la peligrosidad de este ejemplar es nula, ya que se encuentra en la actualidad sujeto por un apoyo.*

El apoyo de este ejemplar debe, por tanto ser revisado con asiduidad.

En la siguiente categoría (amarilla) se encuentran 27 árboles (25,23%). En estos ejemplares, el informe no recomienda ninguna actuación sobre el propio arbolado, salvo una inspección y seguimiento detallado y la aplicación de técnicas de mejora de las condiciones del suelo, que se esperan abordar en primavera, como época más propicia para las mismas.

En una situación intermedia, con densidad menor que la deseable y la densidad típica hay 21 ejemplares. Dado que estos ejemplares presentan niveles de vitalidad razonables, sería desproporcionado recomendar su



apeo, especialmente cuando forman parte integral del Parque y proporcionan un indudable valor ecológico para el medio.

En el resto (58) árboles, la densidad de sus raíces es típica.

Los escáneres revelan, además, que en la mayoría de los casos estudiados en el Parque del Retiro, la densidad de raíces es mayor en los árboles situados en pradera que en aquellos situados en pavimento. Este resultado se ve claramente ilustrado en aquellos árboles cuyas raíces están parte bajo superficies duras y parte bajo superficies blandas. Estos resultados respaldan nuestro conocimientos intuitivo de cómo las necesidades fisiológicas de las raíces se ven mejor cubiertas cuando las superficies son blandas. A su vez, también se detecta mayor densidad radical cuando la superficie blanda es desnuda (terrizos) que cuando la superficie está cubierta con vegetación cespitosa.

Es de destacar que, en gran parte, los árboles analizados fueron "enterrados", es decir, la cota del suelo fue elevada unos 60 cm hace aproximadamente 30 años. Los resultados obtenidos con el Tree-Radar confirman estas sospechas. En ocasiones esta circunstancia es apreciable a simple vista debido a la ausencia de ensanchamiento en la base de los árboles. En la mayoría de los casos, parece que los árboles han superado esta condición de enterramiento de raíces, y han sido capaces de mantener satisfechas sus necesidades fisiológicas, tal y como demuestra una vitalidad razonable de las copas. No obstante, es importante tener en cuenta en la gestión futura del parque que el enterramiento de raíces es una práctica que debe ser evitada en las futuras actuaciones que se acometan.

## **b) Estudios de instrumentalización físico-mecánicos**

Los análisis instrumentales físico-mecánicos utilizan diferentes tecnologías para determinar 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 conductividad eléctrica.

Aplicando estas técnicas instrumentales se puede estimar la probabilidad de fallo aplicando varios sistemas de evaluación de riesgo o decidir si un determinado árbol satisface un establecido estándar de seguridad.

El diagnóstico instrumental nos aporta 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 ha realizado 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.

Se presta especial atención a la utilización de aparatos en aquellos puntos en los que la inspección visual detecta algún tipo de defecto, pudrición o grieta. 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.

En los 101 ejemplares en los que se detectaron posibles riesgos de estabilidad en sus fustes, se ha procedido a realizar una testificación instrumental con Tomógrafo sónico, Tomógrafo de impedancia eléctrica y Resistógrafo. A continuación se describen brevemente dichos trabajos y sus resultados.

**Tomógrafo Sónico:** Aparato que, debido a la emisión y recepción del sonido a través de sensores, efectúa una gráfica de la sección transversal del árbol al nivel estudiado, basada en la velocidad de transmisión de dichas ondas sónicas en la madera, proporcionando información mecánica de la misma.

Se realizaron al menos dos medidas del tomógrafo a diferentes niveles sobre el nivel del suelo. La geometría, al ser irregular, se obtuvo por medio de forcípula digital para determinarla de la forma más exacta posible.

Tras las medidas acústicas, se construyeron los tomogramas para cada sección utilizando el software PICUS Q70 3D.

**Tomógrafo de Impedancia Eléctrica:** Prácticamente pioneros en su utilización en España, esta tecnología se fundamenta en la propagación de la corriente eléctrica en el interior del tronco para obtener información de las propiedades químicas de la sección estudiada del árbol.

Se realizaron medidas a la misma altura que los tomógrafos sónicos, con objeto de analizar de forma conjunta el estado interno del árbol.

**Resistógrafo:** Equipo de medición de resistencia a la perforación utilizado para obtener perfiles de densidad que permiten cuantificar y posicionar aquellas áreas donde se dan variaciones respecto a la media, hecho que representa un óptimo indicador del decaimiento fúngico, de las zonas de compartimentación, de los daños producidos por insectos, grietas y zonas huecas.

Con el fin de realizar un correcto diagnóstico de la estabilidad del tronco evaluado a través de los procedimientos instrumentales descritos, se han utilizado tres métodos independientes para una interpretación complementaria.

Las técnicas empleadas son el Método VTA (Visutal Tree Assessment), el Método SIA (Statics Integrating Assessment) y el Método TreeSA (Tree Stability Assessment). 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. La diferencia entre los citados sistemas de evaluación



reside en los parámetros que valora cada uno de ellos para estimar dicha magnitud.

Según el método VTA sólo una pared residual mayor o igual a un tercio del radio total del árbol puede garantizar la estabilidad del mismo. Según esto, el valor de la pared residual ( $t$ ) se obtiene considerando únicamente las dimensiones de la sección del tronco, mediante la relación:  $t$  igual o mayor que  $r$  dividido entre 3.

En los dos últimos, la estimación de la pared residual mínima se deriva de la concreción del factor de seguridad del árbol mediante la valoración, por un lado, de la oposición o aguante a la flexión de un tronco, calculada a partir de la geometría que soporta la carga (diámetro de tronco y grado de daños o cavidades) y de las propiedades de la madera verde, y por otro lado, de la presión ejercida por parte del viento en la copa, aplicando la exposición a la máxima velocidad posible, que conlleva el mayor riesgo de colapso, es decir, el nivel 12 en la escala Beaufort.

El resultado es el factor de seguridad que cuantifica la resistencia a la fractura del tronco.

Se aporta, como Anejo 8 el resumen ejecutivo del estudio de la estabilidad de cada uno de los 101 árboles analizados, referida a la probabilidad de colapso del tronco en el entorno de su base. Este cálculo de la estática estructural de cada individuo se basa en la pared residual existente en el momento del análisis instrumental mediante los tres métodos descritos, todos ellos internacionalmente contrastados y admitidos. Por ello, cualquier suceso que pudiera ocasionar la caída o rotura del ejemplar considerado "estable" en el presente informe se debería a un agravamiento posterior de las condiciones actuales (avance de las pudriciones principalmente) o a sucesos técnica y estadísticamente improbables.

De los 101 árboles analizados, sólo 6 presentan posibles problemas de estabilidad, dos de ellos de elevada peligrosidad sobre los que se va a actuar de inmediato.

El resto de ejemplares analizados se encuentran en una situación de estables por encima de los márgenes de seguridad

#### **4. Estudio de presencia de hongos:**

En los árboles caídos recientemente se ha encontrado con cierta frecuencia los hongos *Armillaria mellea* y *Phytophthora sp.*, hongos de pudrición de raíces y cuello de gran cantidad de especies (y citados en la bibliografía como las peores enfermedades y más graves de árboles adultos en casos de muerte y caída). En consecuencia se ha iniciado un estudio sobre la distribución de hongos del suelo en todo el Parque de El Retiro.

Los resultados de este estudio no están aún disponibles, pero servirá para la adopción, en su caso, de las medidas correctoras necesarias, incluida la localización de hongos antagonistas autóctonos útiles para la lucha biológica.

Para este estudio se han marcado 145 parcelas de 1 ha (más parcelas que las 118 ha del parque porque algunas no son completas) y en ellas, se han tomado 15 sub-muestras de tierra que, una vez homogeneizadas, se han remitido a un laboratorio experto de referencia para detección e identificación de hongos a nivel europeo.

Independientemente, y como medida de precaución contra otros hongos del suelo, se ha realizado un tratamiento fungicida y fortificante a las raíces de los árboles próximos a los caídos, así como a otros que puedan presentar situaciones similares.



## **8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES:**

Los estudios realizados indican que el número ejemplares con cierto riesgo no son elevados ni desproporcionados en un parque de las dimensiones y edad de El Retiro. No obstante, pese a ser normales para este tipo de jardines, deben realizarse todos los esfuerzos posibles para minimizar el riesgo, toda vez que el número de visitantes no deja de crecer, lo que aumenta la posibilidad de desgraciados accidentes.

Por ello, se recomienda seguir profundizando en las causas de las caídas de árboles y ramas en el Parque (y por extensión en otras zonas), mediante el análisis de la información que se vaya obteniendo en aplicación de la metodología establecida en este informe.

Como consecuencia de lo ya analizado, se establecen las siguientes recomendaciones y conclusiones que se deben tomar en cuenta. Algunas de ellas son ejecutables a corto plazo, mientras que otras lo son a medio-largo plazo.

Estas medidas se han agrupado en recomendaciones para la gestión de la conservación, recomendaciones para la gestión del uso y explotación del parque y recomendaciones sobre documentos y estudios a futuro.

### **A. Recomendaciones de gestión de la conservación:**

- Tras el análisis de los ejemplares preseleccionados se continuará con la aplicación del protocolo a todos los árboles del Retiro, y se llegará a una jerarquización respecto a su estabilidad, dividiéndolos en cinco clases (a mayor número, mayor riesgo):
  - Sobre los árboles con peligrosidad detectada, (clase 5), que son aquellos en que se aprecia riesgo cierto de caída o fractura, se actuará de manera inmediata.
  - En los árboles de clase 4, es decir aquellos que presentan defectos graves estructurales, fitopatológicos o morfológicos, pero que no representan riesgo inminente, se hará un seguimiento constante incluyéndolos siempre en las campañas de poda y mantenimiento normal del arbolado con especial incidencia en las posibles patologías.
  - Los árboles de clase 3 son aquellos que presentan defectos visibles fitopatológicos, morfológicos o estructurales, pero sin peligrosidad. Estos tendrán también un seguimiento continuo para ir evaluando su situación, de modo que si se mantiene estable o mejora evolucionando a la clase 2, sólo se realizará sobre ellos las labores normales de mantenimiento, actuándose inmediatamente si pasaran a la clase 4 ó 5.
  - Los árboles de clase 2 (con solo pequeños defectos estructurales, fitopatológicos o morfológicos) y los de clase 1 (sin síntomas), tendrán el mantenimiento normal de árboles sanos, revisándose su situación al menos una vez al año en la actualización del inventario.



- Aunque los aspectos que se citan a continuación ya están recogidos en el protocolo elaborado, se recuerda la importancia de vigilar los ejemplares que presenten alguna de las siguientes características:
  - Se deben vigilar todos los árboles de suficiente tamaño que presenten exudaciones, heridas grandes, pudriciones (activas o no) o grietas en el cuello de la raíz. Así mismo se deben estudiar los árboles con movimientos del terreno junto al cuello, raíces estranguladas, etc., siendo posible que sea también necesario su testificación instrumental.
  - Si bien no parece el caso de los árboles caídos, hasta ahora, en El Retiro, se deben también estudiar los árboles que hayan sufrido desmoches o podas drásticas en el pasado, pues a su peligrosidad por caída de ramas, puede sumarse de acuerdo con la bibliografía, el peligro de vuelco por rotura.
  - La presencia de pudriciones (como efecto principal), grietas, chancros, deformidades, etc. son a veces difíciles de localizar en inspección visual, pero de aparecer harán también a estos ejemplares prioritarios para la actuación.
  - La presencia de ramas especialmente largas, con ángulos muy horizontales y especialmente con uniones débiles (principalmente con corteza inclusa, pudriciones, o deformaciones) también deben ser consideradas prioritarias.
- Se realizará la testificación en profundidad e instrumental, cuando se considere necesario bien por aplicación del protocolo de evaluación de riesgo o porque pueda presentar algún síntoma sospechoso de problemas en su sistema radical.
- En caso de tener constancia de cualquier anomalía en los árboles así estudiados, se tomarán de inmediato las medidas técnicas necesarias para su corrección (cableados, sujeciones, eliminación de diana, podas de descarga, o si es necesario, eliminación con o sin sustitución).
- La posibilidad de incidencias de caída de ramas tiene un componente genético, con especies más sensibles que otras por tener la madera más quebradiza. De acuerdo con la bibliografía existente, y con los casos ocurridos en Madrid, de las especies de El Retiro las más sensibles serían las robinias, soforas y acacias de tres espinas (las llamadas "falsas acacias"), así como los castaños de Indias, olmos de Siberia, melias, sauces y chopos, por lo que estas especies deben ser prioritarias en las campañas de poda.
- Las campañas de poda anuales se dirigirán de manera prioritaria a los árboles que presenten ramas con defectos, excesivamente largas y delgadas, excesivamente horizontales, etc., que puedan también presentar cualquier síntoma sospechoso de peligrosidad.
- Las coníferas asentadas sobre céspedes deben ser rodeadas de una zona circular sin vegetación cubre-suelos de alta necesidad hídrica, bien con



tierra batida, bien con cespitosas de bajo mantenimiento, o con cualquier recubrimiento no vivo. En esta zona se debe modificar el tipo de riego, implantando uno de menor frecuencia y mayor profundidad que la aspersion.

- En el caso de poseer estudios realizados con el tree-radar hay que tener especial cuidado con los árboles con sistemas radicales no circulares, sobre-enterrados, o con un "radio crítico de raíces" (CRR) inferior a 18 cm por cada cm de diámetro normal. Árboles con menos del 40% del sistema normal, circular y que cubra al menos el CRR deben ser considerados como potencialmente peligrosos.
- Redactar un protocolo de actuación para el personal de El Retiro, que contemple las actuaciones a llevar a cabo en caso de caída de árboles o de ramas, con el fin de contar con la máxima información posible sobre todas sus características y poder elaborar en el futuro estudios que permitan mejorar y alimentar el protocolo de evaluación de riesgo que se ha desarrollado como parte de los trabajos de este Grupo de Expertos y de la gestión habitual. En todo caso, el protocolo debe contemplar que en el caso en que exista caída o vuelco de árboles, rotura de troncos, o desprendimiento y/o rotura de ramas, se guardará la parte de fractura para su posterior análisis, y en su defecto, un amplio reportaje fotográfico, y se tomarán medidas de la parte afectada, para su posterior análisis por especialistas al objeto de intentar averiguar la causa.
- Es importante tener en cuenta en la gestión futura del parque que el enterramiento de raíces es una práctica que debe ser evitada en las futuras actuaciones que se acometan.
- No se plantarán especies que en la bibliografía se citan como de riesgo, en especial olmo de Siberia, falsas acacias y chopos, estudiándose el caso del castaño de Indias por su gran utilización en la jardinería histórica de la época de El Retiro.

## **B. Recomendaciones en cuanto a la gestión del uso y explotación del parque**

Se debe abordar el estudio de algunos aspectos que afectan a la gestión del parque, buscando compatibilizar su uso por los ciudadanos, que es su verdadera razón de ser, con la eliminación de ciertos riesgos añadidos. Entre ellos cabe señalar:

- Evaluar las acciones a tomar cuando se prevean situaciones climatológicas excepcionalmente adversas, especialmente en el caso de alertas por viento o nieve. Por ello, es conveniente elaborar un protocolo que incluya información ciudadana, así como actuaciones a tomar ante la predicción de vientos importantes.
- Evaluar el actual uso del Parque de El Retiro, ya que la celebración de eventos multitudinarios provoca la invasión por personas del suelo que rodea al árbol, aumentando su compactación de forma no natural y evitando que el oxígeno alcance al sistema radical de forma adecuada.



### C. Elaboración de documentos y estudios a futuro

- Se realizarán estudios de suelo cuando la situación del arbolado no parezca responder a efectos biológicos o climáticos. Estos estudios incluirán también elementos extraños, en especial en las proximidades de lo que fue la fábrica de porcelana, por el gran poder contaminante que solían tener este tipo de instalaciones.
- De la preselección realizada para la aplicación del protocolo de evaluación de riesgo, se observa que las áreas del parque que presentaban mayor número de ejemplares a estudiar han sido Campo Grande (242 árboles) y Herrero Palacios (130 árboles). Constituyendo ambos el 46% de la muestra estudiada. Como consecuencia, se recomienda estudiar su rehabilitación más a corto plazo, teniendo en cuenta además criterios históricos y paisajísticos acordes con el Parque.
- Iniciar la redacción de un plan a futuro que incluirá toda la información anterior, así como las posibles rehabilitaciones, cambios de especies, nuevas técnicas culturales, tipos de poda, riesgos, mejoras de suelo, estudio de plagas y enfermedades, etc. que constituirá el futuro Plan Director del arbolado del Parque del Retiro. Este Plan contará con la supervisión del grupo de expertos y deberá iniciarse en el mes de febrero de 2015 para estar terminado en diciembre del mismo año.
- Posteriormente, se debería iniciar, la redacción del "Plan de Gestión del Arbolado del Parque del Retiro", incluyendo:
  - La revisión bibliográfica de modelos de evolución existentes, y de su posible adaptación al Parque, así como la evaluación de los datos disponibles hasta el momento por si se pudiera establecer algunos modelos de predicción para el Parque del Retiro.
  - El inventario completo básico de todo el arbolado; los indicadores que permitan evaluar el estado de cada árbol y el estado pie a pie de cada ejemplar, así como las actuaciones a realizar, su priorización, el modelo de evolución del Parque, y, finalmente, las medidas de gestión futuras para lograr un parque más seguro, y que cumpla con las expectativas de ocio y cultura de la ciudad de Madrid.
- La Comisión propondrá y estudiará, así mismo, cualquier metodología o aspecto que considere puede ayudar a comprender la situación que actualmente tiene el arbolado del Parque del Retiro. Así, por ejemplo:
  - Se ha mantenido una reunión con la Universidad Juan Carlos I para ver la posibilidad de utilización de instrumental basado en infrarrojos para ver defectos en tronco y ramas, si bien el sistema se encuentra en inicio de investigación y no es, por ahora, funcional.
  - Se está estudiando igualmente, la posibilidad de realizar vuelos o fotografías en falso color, como posible indicador de situaciones anómalas en el arbolado, así como estudios de geolocalización e inventario con técnicas láser.



<p>PRESIDENTE DEL GRUPO</p>  <p>Fdo: Carlos del Álamo Jiménez</p>	 <p>Fdo: Laura Mendiburu</p>	 <p>Fdo: Antonio López Lillo</p>
 <p>Fdo: Ángel Muñoz Rodríguez</p>	 <p>Fdo: Antonio Prieto Rodríguez</p>	 <p>Fdo: José Antonio Sáiz de Omeñaca</p>
 <p>Fdo: Marta Alonso Anchuelo</p>	<p>SECRETARIO DEL GRUPO</p>  <p>Fdo: Santiago Soria Carreras</p>	

## ANEXO N° 1. INVENTARIO DEL ARBOLADO 2014

ESPECIE	UNIDADES	JOVEN	MADURO	VIEJO	DECREPITO	MUERTO
<i>Abies alba</i>	13	8	3	1	1	
<i>Abies concolor</i>	2	2				
<i>Abies koreana</i>	1	1				
<i>Abies x masjoannis</i>	1		1			
<i>Abies nordmanniana</i>	12	2	9		1	
<i>Abies pinsapo</i>	33	13	20			
<i>Acacia dealbata</i>	48	48				
<i>Acer campestre</i>	308	170	126	5	4	3
<i>Acer monspessulanum</i>	24	23	1			
<i>Acer negundo</i>	70	10	42	10	8	
<i>Acer palmatum</i>	2		2			
<i>Acer platanoides</i>	25	19	4		2	
<i>Acer platanoides 'Crimson King'</i>	19	19				
<i>Acer pseudoplatanus</i>	28	24	4			
<i>Acer saccharinum</i>	2			1	1	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	6579	1710	4628	104	134	3
<i>Aesculus x carnea</i>	8		7		2	
<i>Ailanthus altissima</i>	105	25	71	6	3	
<i>Albizia julibrissin</i>	57	57				
<i>Araucaria araucana</i>	1	1				
<i>Betula pendula</i>	4	2	2			
<i>Broussonetia papyrifera</i>	173	42	120	3	8	
<i>Calocedrus decurrens</i>	26	11	15			
<i>Carpinus betulus</i>	77	65	12			
<i>Casimiroa edulis</i>	3	2	1			
<i>Catalpa bignonioides</i>	40	8	32			
<i>Cedrus atlantica</i>	306	34	252	18	2	
<i>Cedrus deodara</i>	198	28	155	13	2	
<i>Celtis australis</i>	538	286	244	3	5	
<i>Celtis laevigata</i>	2		2			
<i>Celtis occidentalis</i>	162	61	91	8	2	
<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	8	3	5			
<i>Cercis siliquastrum</i>	781	384	332	38	26	1
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	26	11	15			
<i>Chamaecyparis nookatensis</i>	4	2	2			
<i>Chamaerops humilis</i>	10	8	2			
<i>Cinnamomum camphora</i>	3	3				
<i>Citrus aurantium</i>	6	4	2			
<i>Crataegus monogyna</i>	97	90	6		1	
<i>Cryptomeria japonica</i>	1		1			
<i>X Cupressocyparis leilandii</i>	153	143	9		1	
<i>Cupressus arizonica</i>	53		51	1	1	
<i>Cupressus lusitanica</i>	3	1	2			
<i>Cupressus sempervirens</i>	575	297	234	41	3	



<i>Cupressus sp</i>	4	3	1		
<i>Cydonia oblonga</i>	2	2			
<i>Diospyrus lotus</i>	7	2	3	1	1
<i>Diospyrus sp</i>	17	11	4	1	1
<i>Dracaena indivisa</i>	1	1			
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	4	1	3		
<i>Erybotria japonica</i>	8	6	2		
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	23		20	2	1
<i>Eucalyptus globulus</i>	18		15	3	
<i>Eucalyptus sp</i>	7		3	1	3
<i>Fagus sylvatica</i>	7	7			
<i>Ficus carica</i>	11	6	5		
<i>Firmiana simplex</i>	10	2	8		
<i>Fraxinus angustifolia</i>	67	23	37	1	6
<i>Fraxinus excelsior</i>	32	4	20	8	
<i>Fraxinus ornus</i>	8	5	3		
<i>Fraxinus sp</i>	21	17	3		1
<i>Ginkgo biloba</i>	89	80	9		
<i>Gleditsia triacanthos</i>	556	105	341	81	29
<i>Gymnocladus dioicus</i>	20	6	11		3
<i>Ilex aquifolium</i>	6		6		
<i>Juglans nigra</i>	4	4			
<i>Juglans regia</i>	2		1		1
<i>Juniperus sp</i>	35	7	28		
<i>Juniperus virginiana</i>	1		1		
<i>Koelreuteria paniculata</i>	26	26			
<i>Lagerstroemia indica</i>	79	74	3	1	1
<i>Laurus nobilis</i>	2		2		
<i>Ligustrum sp</i>	353	58	247	34	15
<i>Liquidambar styraciflua</i>	167	133	33		1
<i>Liriodendrum tulipifera</i>	6	6			
<i>Maclura pomifera</i>	7	4	3		
<i>Magnolia grandiflora</i>	149	90	55		4
<i>Malus communis</i>	2	2			
<i>Malus sp</i>	60	52	8		
<i>Malus sylvestris</i>	35	33	2		
<i>Malus sieboldii</i> 'Brouwers beauty'	13	13			
<i>Melia azedarach</i>	10	6	4		
<i>Morus alba</i>	18	3	8	3	4
<i>Morus alba</i> 'Pendula'	9	8	1		
<i>Morus nigra</i>	47	16	31		
<i>Morus pendula</i> (metido en <i>Morus alba</i> 'Pendula')	0	0	0		
<i>Morus sp</i>	33	8	20	3	2
<i>Olea europaea</i>	52	22	25	5	
<i>Parrotia persica</i>	3	3			
<i>Pawlonia tomentosa</i>	7	2	4	1	
<i>Phoenix canariensis</i>	5		5		

<i>Phoenix dactylifera</i>	1		1			
<i>Photinia serratifolia</i>	13	3	8	1	1	
<i>Picea abies</i>	6	2	4			
<i>Picea glauca</i>	1	1				
<i>Picea pungens</i>	3	3				
<i>Pinus halepensis</i>	178	31	133	11	3	
<i>Pinus nigra</i>	65	1	64			
<i>Pinus pinaster</i>	23	4	19			
<i>Pinus pinea</i>	557	121	383	50	3	
<i>Pinus radiata</i>	1		1			
<i>Pinus wallichiana</i>	2	2				
<i>Platanus x hispanica</i>	956	227	616	44	67	2
<i>Podocarpus neriifolius</i>	4		4			
<i>Populus alba</i>	216	88	113	8	7	
<i>Populus alba</i> 'Bolleana' (o <i>Populus</i> <i>alba</i> 'Roumi')	129	38	78	5	8	
<i>Populus nigra</i>	28	5	13	10		
<i>Populus x canadensis</i>	6	1	3	2		
<i>Prunus sp.</i> 'Accolade'	43	42	1			
<i>Prunus armeniaca</i>	2		2			
<i>Prunus avium</i>	19	16	3			
<i>Prunus cerasifera</i>	1			1		
<i>Prunus cerasifera</i> 'Pissardii' (o <i>Prunus cerasifera</i> 'Atropurpurea')	259	143	102	10	4	
<i>Prunus cerasus</i>	79	76	3			
<i>Prunus domestica</i>	5	3	2			
<i>Prunus dulcis</i>	336	317	16	1	2	
<i>Prunus padus</i>	7	7				
<i>Prunus persica</i>	1	1				
<i>Prunus serrulata</i>	6	4	2			
<i>Prunus sp</i>	2	1	1			
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	1	1			
<i>Punica granatum</i>	16	14	1	1		
<i>Pyrus calleryana</i>	25	25				
<i>Pyrus communis</i>	14		13		1	
<i>Pyrus sp</i>	9	9				
<i>Quercus ilex</i>	324	55	204	36	28	1
<i>Quercus palustris</i>	27	27				
<i>Quercus petraea</i>	2	2				
<i>Quercus robur</i>	134	49	67	12	6	
<i>Quercus rubra</i>	16	14	2			
<i>Robinia hispida</i>	25	25				
<i>Robinia pseudoacacia</i>	410	125	202	46	37	
<i>Salix alba</i>	1	1				
<i>Salix babylonica</i>	5	4		1		
<i>Salix matsudana</i> 'Tortuosa'	2	2				
<i>Sequoia sempervirens</i>	13		9	3	1	



<i>Sequoiadendron giganteum</i>	10	3	7			
<i>Shopora japonica</i>	473	101	196	85	90	1
<i>Sorbus aucuparia</i>	2	2				
<i>Sorbus intermedia</i>	20	19	1			
<i>Sorbus torminalis</i>	1	1				
<i>Taxodium distichum</i>	13		13			
<i>Taxodium mucronatum</i>	1		1			
<i>Taxus baccata</i>	38		14	22	2	
<i>Thuja orientalis</i>	13		12	1		
<i>Thuja plicata</i>	1			1		
<i>Thuja sp</i>	2	1	1			
<i>Tilia cordata</i>	5		5			
<i>Tilia platyphyllos</i>	113	71	42			
<i>Tilia sp</i>	2	2				
<i>Tilia tomentosa</i>	38	37	1			
<i>Tilia x europaea</i>	1		1			
<i>Trachycarpus fortunei</i>	651	172	478	1		
<i>Ulmus glabra</i>	26	8	16		1	1
<i>Ulmus minor</i>	493	100	352	30	10	1
<i>Ulmus pumila</i>	50	18	30	1	1	
<i>Ulmus pumila 'Umbraculifera'</i>	397	100	281	7	7	2
<i>Ulmus sp. 'Resista'</i>	13	13				
<i>Ulmus sp</i>	52	16	30	4	2	
<i>Wollenia nobilis</i>	2	2				
<i>Zelkova crenata</i>	11	2	9			
<b>TOTAL</b>	<b>19034</b>	<b>6631</b>	<b>11037</b>	<b>791</b>	<b>559</b>	<b>16</b>
<i>Tipos de especie</i>	167					

- **Árbol joven:** ejemplar plantado hace más de cuatro años (implantación) que se encuentra formando sus estructuras.
- **Árbol maduro:** ejemplar que ha formado completamente sus estructuras, encontrándose en plenitud de sus requerimientos vitales.
- **Árbol viejo:** ejemplar maduro que está empezando a perder la plenitud de sus requerimientos vitales.
- **Árbol decrepito:** ejemplar que ha perdido gran parte de sus requerimientos vitales, de modo no transitorio.
- **Árbol muerto:** ejemplar sin ninguna actividad vital.

## ANEXO N° 2. ÁRBOLES CAÍDOS EN EL AÑO 2014

### ÁRBOLES CAIDOS 2014 RETIRO

FECHA	ESPECIE	ZONA	MOTIVO
3 de enero	<i>Sophora japonica</i>	Reservado	Caído
7 de enero	<i>Populus alba</i>	Reservado	Caído
7 de enero	<i>Ulmus minor</i>	Entorno bosque	Caído
7 de enero	<i>Pinus pinea</i>	Encinar	Caído
7 de enero	<i>Pinus pinea</i>	Encinar	Caído
8 de enero	<i>Populus alba</i>	Cementerio	Caído
28 de enero	<i>Ligustrum sp.</i>	Campo grande	Partido
21 de febrero	<i>Ulmus minor</i>	Povar	Caído
4 de marzo	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Plaza Galicia	Caído
10 de marzo	<i>Prunus cerasifera</i>	Campo grande	Partido
12 de marzo	<i>Cercis siliquastrum</i>	Campo grande	Partido
26 de marzo	<i>Pinus pinea</i>	Campo grande	Caído
26 de marzo	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Campo grande	Roto por árbol caído
26 de marzo	<i>Sambucus nigra</i>	Campo grande	Partido
26 de marzo	<i>Prunus laurocerasus</i>	Campo grande	Roto por árbol caído
27 de marzo	<i>Pinus halepensis</i>	Campo grande	Peligroso
1 de abril	<i>Pinus halepensis</i>	Campo grande	Peligroso
21 de abril	<i>Ulmus pumila</i>	Hernani	Peligroso
22 de abril	<i>Populus alba bolleana</i>	Herrero Palacios	Peligroso
25 de abril	<i>Pinus pinea</i>	Cementerio	Caído
14 de mayo	<i>Platanus x hispanica</i>	Campo grande	Roto por vandalismo
16 de mayo	<i>Platanus x hispanica</i>	Campo grande	Roto por vandalismo
27 de mayo	<i>Prunus dulcis</i>	Encinar	Tronchado
2 de junio	<i>Cercis siliquastrum</i>	Planteles	Roto por rama caída
3 de julio	<i>Cedrus deodara</i>	Plaza Galicia	Partido
19 de julio	<i>Pinus halepensis</i>	Campo Grande	Caído
20 de julio	<i>Cedrus deodara</i>	Herrero Palacios	Caído
4 de sept.	<i>Pinus pinea</i>	Cecilio Rodríguez	Caído
12 de sept.	<i>Quercus robur</i>	Campo grande	Partido
12 de octubre	<i>Broussonetia papyrifera</i>	Planteles	Caído por tormenta
14 de octubre	<i>Pinus pinea</i>	Cementerio	Caído
16 de octubre	<i>Pinus pinea</i>	Herrero Palacios	Caído
11 de noviembre	<i>Cupressus sempervirens</i>	Reservado	Caído
18 de noviembre	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Cementerio	Cortado por excesiva inclinación



## ANEXO N° 3. RAMAS CAÍDAS EN EL AÑO 2014

### RAMAS CAÍDAS RETIRO AÑO 2014

FECHA	ESPECIE
7-feb	<i>Abies pinsapo</i>
7-feb	<i>Ligustrum lucidum</i>
7-feb	<i>Ligustrum lucidum</i>
10-feb	<i>Broussonetia papyrifera</i>
10-feb	<i>Cupressus arizonica</i>
10-feb	<i>Aesculus hippocastanum</i>
20-mar	<i>Populus alba</i>
26-mar	<i>Acer campestre</i>
3-abr	<i>Cupressus arizonica</i>
9-abr	<i>Sambucus nigra</i>
21-abr	<i>Ulmus minor</i>
8-may	<i>Acer negundo</i>
9-may	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
19-may	<i>Broussonetia papyrifera</i>
19-may	<i>Cercis siliquastrum</i>
19-may	<i>Sophora japonica</i>
19-may	<i>Sophora japonica</i>
21-may	<i>Gleditsia triacanthos</i>
2-jun	<i>Cercis siliquastrum</i>
11-jun	<i>Fraxinus angustifolia</i>
21-jun	<i>Sophora japonica</i>
24-jun	<i>Robinia pseudoacacia</i>
3-jul	<i>Liquidambar styraciflua</i>
3-jul	<i>Sophora japonica</i>
3-jul	<i>Ulmus minor</i>
3-jul	<i>Ligustrum japonicum</i>
3-jul	<i>Ulmus minor</i>
3-jul	<i>Eucalyptus globulus</i>
3-jul	<i>Robinia pseudoacacia</i>
3-jul	<i>Robinia pseudoacacia</i>
3-jul	<i>Ulmus minor</i>
3-jul	<i>Aesculus hippocastanum</i>
4-jul	<i>Cercis siliquastrum</i>
7-jul	<i>Sophora japonica</i>
15-jul	<i>Platanus x hispanica</i>
16-jul	<i>Aesculus hippocastanum</i>
16-jul	<i>Aesculus hippocastanum</i>
17-jul	<i>Acacia</i>
22-jul	<i>Elaeagnus angustifolia</i>
22-jul	<i>Pinus sp.</i>
22-jul	<i>Elaeagnus angustifolia</i>
23-jul	<i>Aesculus hippocastanum</i>
25-jul	<i>Platanus x hispanica</i>
26-jul	<i>Gleditsia triacanthos</i>

28-jul	<i>Aesculus hippocastanum</i>
28-jul	<i>Platanus hybrida</i>
28-jul	<i>Gleditsia triacanthos</i>
24-jul	<i>Eucalyptus globulus</i>
4-ago	<i>Aesculus hippocastanum</i>
20-ago	<i>Pinus pinea</i>
26-ago	<i>Taxodium mucronatum</i>
29-ago	<i>Platanus x hispanica</i>
3-sep	<i>Sophora japonica</i>
3-sep	<i>Gleditsia triacanthos</i>
10-sep	<i>Fraxinus angustifolia</i>
11-sep	<i>Gleditsia triacanthos</i>
11-sep	<i>Gleditsia triacanthos</i>
11-sep	<i>Gleditsia triacanthos</i>
11-sep	<i>Gleditsia triacanthos</i>
12-sep	<i>Pinus pinea</i>
13-sep	<i>Pinus pinea</i>
14-sep	<i>Fraxinus excelsior</i>
17-sep	<i>Pinus pinea</i>
18-sep	<i>Gleditsia triacanthos</i>
18-sep	<i>Sequoia sempervirens</i>
19-sep	<i>Fraxinus angustifolia</i>
21-sep	<i>Aesculus hippocastanum</i>
22-sep	<i>Gleditsia triacanthos</i>
22-sep	<i>Sophora japonica</i>
23-sep	<i>Ulmus minor</i>
30-sep	<i>Platanus x hispanica</i>
30-sep	<i>Sophora japonica</i>
2-oct	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
7-oct	<i>Platanus x hispanica</i>
8-oct	<i>Sophora japonica</i>
10-oct	<i>Sophora japonica</i>
10-oct	<i>Sophora japonica</i>
12-oct	<i>Sophora japonica</i>
12-oct	<i>Sophora japonica</i>
12-oct	<i>Aesculus hippocastanum</i>
12-oct	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
12-oct	<i>Platanus x hispanica</i>
12-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
12-oct	<i>Sophora japonica</i>
12-oct	<i>Sophora japonica</i>
12-oct	<i>Fraxinus sp</i>
12-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
12-oct	<i>Aesculus hippocastanum</i>
12-oct	<i>Sophora japonica</i>
12-oct	<i>Ulmus minor</i>
12-oct	<i>Ligustrum lucidum</i>
12-oct	<i>Robinia pseudoacacia</i>
12-oct	<i>Sophora japonica</i>
12-oct	<i>Acer sp</i>
12-oct	<i>Sophora japonica</i>
13-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
16-oct	<i>Sophora japonica</i>



17-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
19-oct	<i>Cercis siliquastrum</i>
20-oct	<i>Aesculus hippocastanum</i>
21-oct	<i>Aesculus hippocastanum</i>
22-oct	<i>Platanus x hispanica</i>
23-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
27-oct	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
28-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
28-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
28-oct	<i>Aesculus hippocastanum</i>
28-oct	<i>Ulmus pumila</i>
29-oct	<i>Gleditsia triacanthos</i>
3-nov	<i>Platanus x hispanica</i>
4-nov	<i>Aesculus hippocastanum</i>
4-nov	<i>Aesculus hippocastanum</i>
4-nov	<i>Ligustrum lucidum</i>
6-nov	<i>Gleditsia triacanthos</i>
6-nov	<i>Ulmus pumila</i>
15-nov	<i>Gleditsia triacanthos</i>

# ANEXO N° 4. PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE RIESGO

## PROTOCOLO DE EVALUACION DE RIESGO E INVENTARIO EN EL ARBOLADO DE LOS JARDINES DEL BUEN RETIRO

IDENTIFICACIÓN		VITALIDAD		FITOPATOLOGIA	
Fecha		Estado general		sano	
Parque		alguno enfermo		alguno enfermo	
Área o zona		enfermo		moribundo	
Localización (ID)		muerto			
Orientación		% seco del tronco			
Especie		% seco ramas principales			
Edad aprox.		% seco de ramas secundarias y ramillas			
Años		Circunferencias anteriores			
Recién plantado		Cuerpos de fructificación de hongos		raíz = ramas = tronco = cuello =	
Joven		Plagas		raíz = ramas = tronco = hojas =	
Fase desarrollo (1 a 10 de Rambaulf)		Otras enfermedades		raíz = ramas = tronco = hojas =	
Perímetro a 1,30		Daños abióticos		raíz = ramas = tronco = hojas =	
Diámetro a 1,30 (p/e)		Clorosis		raíz = ramas = tronco = hojas =	
Altura aprox.		Forma/Deformaciones en hojas			
Altura primera rama		Sistema radical		Cruz	
Diámetro de copa		Superficial		Heridas	
Hº de cimales		Enterrado		Pudrición	
Tipo de copa		Agónica radical		Figuras	
Poco aprox.		Figuras temero		Cavidad	
Ruste		Espiralizado		Descofezados	
Formaje		Cuello		Tronco	
Inclinación en grados		Heridas		Cimales	
Singularidad en el jardín. Valor paisajístico y/o histórico (del 1 al 3)		Pudrición		Heridas	
Empuje viento		Figuras		Pudrición	
Superficie vela		Cavidad		Figuras	
Exposición al viento		Plegue		Cavidad	
Palancas		Mad. Reacc.		Candemian	
Dominancia		Inserción en terr.		Tumores	
Espacio disponible		Necesidad de certificación instrumental: sí / no		Sist. radical	
Alteraciones del suelo		Tomógrafo		Cuello	
Tema baldia		Resistógrafo		Tronco	
césped o pradera		Tree radar		Cruz	
terreno compactado		Test tracción		Ramas	
atorque		Otros:			
salud		Especie (1-3)			
otros		Riesgo de fractura		tronco/orient. (1-5)	
Infraestructuras cercanas		Riesgo de caída/vozco		cimales/orient. (1-5)	
aceras		Índice de estabilidad (altura/diámetro medio)		ramas/orient. (1-5)	
bordillos		Valor menor de 50 = 1		orientación caída	
caceras		Valor entre 50 y 90 = 2		Energía potencial (peso*altura) (1-5)	
canalizaciones		Valor entre 90 y 70 = 3		Diana (1-5)	
cables		Próxima revisión		Diana (1-5)	
otras		Frec. Revisión		Diana (1-5)	
Tipo de riego		Poda		Diana (1-5)	
aspersión		Observaciones y notas:			
goteo		Clasificación biomecánica (1 a 5):			
caceras		Esperanza de supervivencia (0 a 5 años, 5 a 25 años, mas de 25 años):			
a manta					
otros					
Cambios significativos en la estación					
Tratamientos anteriores					
podas					
cirugía					
fitosanitarios					
otros					

A rellenar por el inspector

A rellenar por el experto

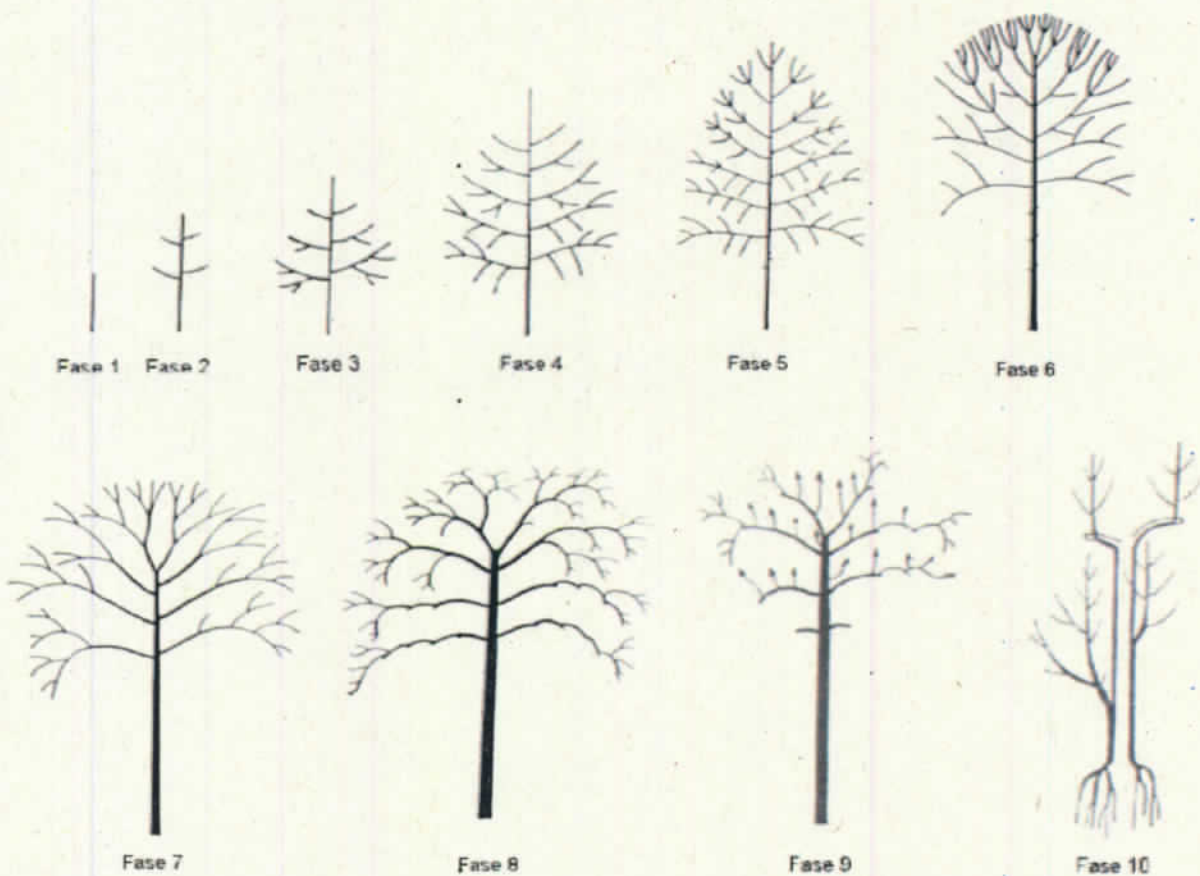
Persona que realiza el estudio:



# NORMAS Protocolo de valoración de riesgo del árbol Parque del Buen Retiro.

## IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Fecha	Fecha	Se anota la fecha con formato dd/mm/aaaa
Parque	Texto	Se anota el nombre del Parque
Área/zona	Texto	Código para zonificaciones del parque del Retiro
ID Árbol	-	Código para identificación de árboles del Retiro
Especie	Texto	Código para identificación de especies del Retiro
Orientación	Texto	N-S-E-O
Fase de desarrollo	Numérico	Se anota la fase de desarrollo correspondiente según el modelo P. Raimbault del 1 al 10.



IDENTIFICACIÓN (CONT.)

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Edad Aprox.	Check. Numérico	Marcar la categoría que corresponda: recién plantado, joven, maduro, viejo, decrepito. En la casilla años, si no se conoce con mas precisión, marcar el rango de años estimado (intervalos de 10)
Perímetro	Numérico	En centímetro (cm) se anota el perímetro medido a la altura del pecho. En gabinete se obtiene el Ø o se mide directamente tambien.
Altura	Numérico	En metros (m), intervalos de 0,5
Altura 1ª rama/cruz	Numérico	En metros (m), intervalos de 0,1.
Nº de cimales	Numérico	Número de ramas principales
Ø de copa	Numérico	En metros (m), intervalos de 0,5. Se anota la media de dos medidas perpendiculares
Tipo de copa	Texto	Categorías: Globosa, Cónica, Piramidal, Aparasolada, Asimétrica, Porte bandera, Porte llorón, Candelabro, etc.
Peso aproximado fuste	Numérico	Solo en el caso de accidente grave, donde estos datos puedan ser relevantes.
Peso aproximado ramaje	Numérico	Grado de inclinación, en intervalos de 5°
Inclinación °	Numérico	<b>Entre 1 y 3</b>
Singularidad en el jardín. Valor paisajístico/histórico	Texto	

ESTÁTICA

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Empuje del viento	Texto	Categorías: Alto, Medio o Bajo
Superficie vela	Texto	Categoría: Grande, Media, Pequeña
Exposición al viento	Texto	Categoría: Expuesto, No expuesto
Palancas	Si/No	Se anota la presencia de grandes brazos de palanca por descompensaciones claras de pesos



### ESTACIÓN

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Dominancia	Texto	Categorías: Dominado ,Codominante, Dominante o Aislado
Espacio disponible	Texto	Categoría: Grande, Medio, Pequeño
Alteraciones del suelo	Si/No	Se anota la presencia de alteraciones en el suelo importantes y en los últimos años
Tipo de suelo	Check	Se apunta el tipo de suelo
Infraestructuras cercanas	Check	Se anota con check las infraestructuras encontradas en el entorno más próximo al árbol

### ESTACIÓN (CONT.)

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Tipo de riego	Check	Se anote con check el tipo de riego que tiene el árbol
Cambios significativos en la estación	Texto	Solo los que puedan tener clara influencia en el ejemplar (construcciones nuevas, obras, cortas de árboles cercanos cortavientos, etc.)
Tratamientos anteriores	Check	Se anota con uno o varios checks las actuaciones observables en el árbol
Tipo de suelo	Check	Se apunta el tipo de suelo
Infraestructuras cercanas	Check	Se anota con check las infraestructuras encontradas en el entorno más próximo al árbol

### VITALIDAD

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Estado general	Check	Se anote con check la valoración del estado fitosanitario general
% seco del tronco	Numérico	Se anota el porcentaje del perimetro seco del tronco en relación al perimetro total
% de ramas principales secas	Numérico	Se anota el porcentaje de ramas principales secas respecto al total de ramas principales
% de ramas secundarias y ramisllas secas	Check	Se anota el porcentaje de ramas secundarias y ramillas secas respecto al total la copa

## FITOPATOLOGÍA

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Cicatrizaciones	Texto	Se anota la valoración de la capacidad de cicatrización: Alta, Media, Baja
Cuerpos de fructificación	Check	Se anota con un check la presencia de cuerpos de fructificación o restos de hongos xilófagos en la zona que corresponda
Plagas	Check	Se anota con un check la presencia de plagas con una grado de afección significativo en la zona que corresponda
Otras enfermedades	Check	Se anota con un check la presencia de enfermedades con una grado de afección significativo en la zona que corresponda
Daños abióticos	Check	Se anota con un check la presencia de daños abióticos (granizo, sequía, encharcamiento, herbicidas, etc.) con una grado de afección significativo en la zona que corresponda

## FITOPATOLOGÍA (CONT.)

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Clorosis	Si/No	Se anota la existencia de clorosis en las hojas
Tamaño/Deformación de hojas	Si/No	Se anota la presencia de tamaños anormales o deformaciones de las hojas en grado significativo

## EVALUACIÓN VISUAL

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Sistema radical	Check	Se anota con checks las posibles alteraciones evidentes y con grado de afección medio/alto en las raíces
Cuello	Check	Se anota con checks las posibles alteraciones evidentes y con grado de afección medio/alto en el cuello
Tronco	Check	Se anota con checks las posibles alteraciones evidentes y con grado de afección medio/alto en el tronco
Cruz	Check	Se anota con checks las posibles alteraciones evidentes y con grado de afección medio/alto en la cruz
Cimales	Check	Se anota con checks las posibles alteraciones evidentes y con grado de afección medio/alto en los cimales



TESTIFICACIÓN INSTRUMENTAL

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Tomógrafo	Check	Se anota con checks la conveniencia de aplicar el tomógrafo en las zonas indicadas (cuello, tronco, cruz y cimales)
Resistógrafo	Check	Se anota con checks la conveniencia de aplicar el resistógrafo en las zonas indicadas (cuello, tronco, cruz y cimales)
Tree Radar	Check	Se anota con checks la conveniencia de aplicar el Tree Radar en la zona indicada (sistema radical)
Test tracción	Check	Se anota con check la conveniencia de realizar un test de tracción al árbol
Otros	Texto	Indica otro tipo de testificación sugerida

DIAGNÓSTICO

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Especie	Númérico	Se anota con un valor de 1 a 3 según la propensión de la especie a desarrollar problemas biomecánicos, facilidad de pudrición de la madera o susceptibilidad a las plagas (p.e. género Populus 3). (1-especie sin problemas, 3-especie con muchos problemas)
Riesgo de fractura-tronco/orientación	Númérico/Texto	Se anota con un valor de 1 a 5 el riesgo de fractura del tronco seguido de la orientación (N-S-E-O) de la caída. (1-riesgo bajo, 5-riesgo alto)
Riesgo de fractura-cimales/orientación	Númérico/Texto	Se anota con un valor de 1 a 5 el riesgo de fractura de alguno de los cimales seguido de la orientación (N-S-E-O) de la caída. (1-riesgo bajo, 5-riesgo alto)
Riesgo de fractura-ramas/orientación	Númérico/Texto	Se anota con un valor de 1 a 5 el riesgo de fractura de alguna de las ramas secundarias seguido de la orientación (N-S-E-O) de la caída. (1-riesgo bajo, 5-riesgo alto)
Diana	Númérico	Se anota con un valor de 1 a 5 la diana que se encuentra bajo la parte que pueda caer. (1-Fuera del alcance de personas ajenas a la gestión del jardín en zonas reservadas o prohibidas; 2 Zonas poco visitables por su tipología u orografía; 3 En zonas no típicamente estanciales pero si paseables como grandes praderas o terrizos; 4 sobre caminos o zonas de paseo y 5 sobre zonas estanciales o de actividad estática en ellas)

Riesgo de caída/vuelco	Texto	como juegos, bancos, zonas de mayores, etc.
Orientación de la caída		Se anota la orientación (N-S-E-O) de la caída en caso de vuelco
Riesgo de caída/vuelco	Numérico	Se anota con un valor de 1 a 5 la energía potencial estimada del árbol. (1-Ep baja, 5-Ep alta)
Energía potencial (peso/altura)		
Índice de estabilidad	Check	Se calcula el índice de estabilidad, como la relación entre la altura y el diámetro del tronco. Se anota con check el rango que corresponda.

#### ACTUACIÓN PROPUESTA

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Actuación	Check Numérico	Se anota las actuaciones propuestas para realizar al árbol. En el caso de proponerse la revisión se anotará con el número de meses la frecuencia de revisión propuesta. En el caso "otros", especificar.

#### OBSERVACIONES Y NOTAS

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Clasificación biomecánica	Númerico	De acuerdo con todos los datos anteriores, el EXPERTO clasificara el ejemplar. Clase 1 los que están aparentemente sanos y basta con una revisión anual y el mantenimiento corriente del parque. Clase 2, con pequeños defectos estructurales, fitopatológicos o morfológicos, que no representan ninguna peligrosidad; se trataran como los de clase 1. Clase 3, los que presentan defectos estructurales, fitopatológicos o morfológicos visibles pero sin peligrosidad potencial, se vigilarán cada 6 meses para evaluar su evolución. Clase 4, los que presentan defectos estructurales, fitopatológicos o morfológicos graves, pero que no representan riesgo inminente; se hará un seguimiento constante, incluyéndolos en las campañas de poda o mantenimiento de manera prioritaria. Clase 5, se aprecia riesgo de caída o fractura, se actuará sobre ellos de manera inmediata.
Esperanza de supervivencia	Texto	De alguna de las siguientes tres opciones: 0 a 5 años, 5 a 25 años y más de 25 años, se tendrá en cuenta para los futuros diseños y evolución del Jardín.



**ANEXO N° 5. INFORME PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE  
RIESGO DE EJEMPLARES DE ARBOLADO EN EL PARQUE  
DEL RETIRO**

# Informe Protocolo de Evaluación de Riesgo de Ejemplares de Arbolado en el Parque del Retiro



Noviembre 2014



UTE ACCIONA PARQUES HISTÓRICOS



## ÍNDICE

	Página
1.INTRODUCCIÓN .....	1
2.METODOLOGÍA DE LA TOMA DE DATOS .....	2
2.1 Toma de datos en campo .....	3
2.2 Desarrollo de la ficha individual en estudio .....	4
3.RESULTADOS .....	5
3.1 Total ejemplares estudiados .....	5
3.2 Arbolado clasificado por especie .....	6
3.3 Porcentaje de árboles estudiados por área de actuación .....	6
3.4 Estado general del arbolado .....	7
3.5 Diagnóstico por especie .....	8
3.6 Diagnóstico: Riesgo de fractura en tronco, cimales y ramas .....	8

## 1. INTRODUCCIÓN

De cara a efectuar un análisis extraordinario de la situación del arbolado en los Jardines del Buen Retiro, se establece por la Dirección Técnica Municipal (Subdirección General de Zonas Verdes y arbolado Urbano del Ayuntamiento de Madrid), la elaboración de un protocolo de actuaciones que serán derivadas a la Comisión de Expertos constituida para este estudio.

Dentro del protocolo se establece un programa de selección de arbolado merecedor de este estudio y la elaboración de una ficha (protocolo) de toma de datos generada por la Comisión.

Dicha selección se determinó en función de la especie y la edad fenológica considerando como ejemplares con más riesgo a los siguientes:

- *Cedrus spp*: todos los ejemplares
- *Eucalyptus spp*: todos los ejemplares
- *Gleditsias*: todos los ejemplares
- *Pinus spp*: todos los ejemplares
- *Populus spp*: todos los ejemplares
- *Robinias*: todos los ejemplares
- *Sophoras*: todos los ejemplares
- *Ulmus spp*: todos los ejemplares
- Resto de especies cuya edad fenológica está catalogada como Viejo.

En esta fase se selecciona una muestra de 4.905 árboles respecto de una población total de 19.115 que contiene El Retiro.

En una segunda fase se procede al estudio del estado y estado de seguridad de esta muestra.

Se estableció, así mismo, un criterio para determinar su estado general y de seguridad indicando posteriormente para cada árbol seleccionado, una categoría de prioridad de actuación:

- A: Necesidad de una actuación en breve periodo de 1 - 3 meses y/o revisión por experto.
- AB: Necesidad de una actuación/revisión por experto en un periodo corto de 3 -6 meses
- B: Posible necesidad de actuación en breve, o al menos seguimiento cada 6 - 9 meses
- BC: No es necesaria una actuación en breve, y en todo caso un seguimiento anual.
- C: No se considera necesaria actuación de momento, ni revisión de ningún tipo, se supone que el árbol está incluido en el programa de poda.



Tras este análisis se consideró estudiar aún con mayor detalle a un total de 814 ejemplares que corresponden a los seccionados con prioridad A, AB y B. Si bien, en la fase de estudio, uno de ellos causó baja quedando definitivamente 813 uds que se corresponden con las fichas adjuntas.

A partir de este momento se someten estos árboles al protocolo de evaluación de riesgo (elaborado por la Comisión de Expertos), mediante el cual se estudiaron una serie de parámetros identificativos para cada ejemplar.

Ute Acciona Parques Históricos colabora en todo el proceso y realiza la toma de datos y parámetros necesarios en campo para cada ejemplar. También diseñó una Base de Datos en la que se recopiló toda la información, de tal forma que posteriormente se pudieran obtener datos generales y estadísticos de todos los parámetros y la obtención inmediata de cualquier ficha-protocolo de la base de datos por árbol.

Dicha base se vinculó con la Geodatabase (en concreto con el shape de arbolado) de la cual se obtuvieron parámetros tales como especie, dendrometría, localización, tipo de riego, etc.

Para la fase instrumental el Ayuntamiento propone la realización del Tree-Radar a la compañía Tecnigral y para la aplicación del resistógrafo y tomógrafos, a la empresa Dasotec.

Una vez recopilada la información, se redacta este informe en el que se indica en primer lugar la metodología para determinar cada parámetro; y posteriormente se presenta un resumen gráfico de los parámetros más característicos y descriptivos del conjunto del arbolado analizado, junto con la información de forma individualizada cada una de las fichas elaboradas por cada ejemplar estudiado (Anexo 1).

## 2. METODOLOGÍA DE LA TOMA DE DATOS

Los datos recopilados en las fichas de valoración se basan en los conocimientos y estudios de:

- Biología, fitopatología y fisiología.
- Estructura arbórea del genotipo (F.Halle).
- Estadíos de crecimiento y desarrollo (P. Raimbault).
- La compartimentación en la descomposición de los árboles (A.shigo).
- El lenguaje corporal de los árboles (Claus Mattheck.).
- El método del estudio de la estática integrada SIA (Wessoly y Sinn). Triángulo de la estática.
- Estrategia de los hongos en el decaimiento de la madera (Schwarze).
- Protocolo para el Análisis de Estabilidad del Arbolado Mediterráneo. (Peter Sterken).

La realización del estudio comprende dos apartados dentro de la metodología:

- Toma de datos en campo.
- Desarrollo de la ficha individual en estudio.

### 2.1. Toma de datos en campo

En las fichas de valoración se anotan datos descriptivos estipulados por la Comisión entre los que algunos son de carácter objetivo y otros son subjetivos a valorar por el inspector. A continuación definimos algunos de los criterios adoptados de cara a mantener la uniformidad de criterios en sucesivos estudios.

#### - Identificación:

En la ficha individual de cada árbol aparece el código identificativo por unidad que posteriormente se localiza en plano, se revisan los datos dendrométricos e identificativos como: Cod\_Zona, localización, orientación, especie, perímetro, diámetro, altura total, altura 1ª rama, diámetro de copa e inclinación. A la vez se describe y anota su año de plantación. Este dato extrapola automáticamente mediante un motor de cálculo la edad que tiene, de esta manera se mantiene el año de plantación y cada árbol automáticamente cambiará a un año más cada período.

Para la descripción de la fase de crecimiento y desarrollo en la que se encuentra, basándonos en el estudio de P.Raimbault, se identifican entre otros: Dominancias, desarrollo de ramas laterales dominadas, crecimientos epítonos, hipótonos, e isótonos, formación de copa definitiva, reiteraciones parciales o totales, atrincheramientos, brotaciones epicórmicas, etc.

Dentro de la identificación, el apartado del tipo de copa no refleja la estructura determinada genéticamente, sino la estructura actual que el árbol presenta en el momento de la evaluación.

La singularidad del ejemplar se describe en función de los conocimientos paisajísticos y la experiencia del inspector, siempre dando importancia por la prioridad de la especie, edad, floración o fructificación, estructura, altura o perímetro, ubicación, valor sentimental, etc., de manera que recogemos datos representativos que nos ayuden a diferenciarlos dentro de cada categoría.

#### - Estática:

Empuje del viento, valorado en función del riesgo de fractura según las propiedades físicas de la madera.

Superficie de vela, masa compacta de follaje y estructuras.

Exposición al viento, más o menos aislado.



- Estación:

Alteraciones en el suelo y cambios significativos, sólo aquellos que afecten a su estado vegetativo y/o estructural.

- Vitalidad:

Estado general del ejemplar: sano, algo enfermo, enfermo, moribundo, muerto. Las diferencias para valorar entre algo enfermo y enfermo depende de la importancia de la afección o infección.

- Fitopatología:

Se han marcado todos aquellos árboles con problemas de plagas fitófagas. Para aquellas que se disponen en las hojas, como Galeruca, se marca un check en afecciones en ramas y otro check en tamaño/deformaciones de hojas. Las problemáticas por daños abióticos, como la "socarrina" de los castaños, también están marcadas con la misma metodología.

- Evaluación visual:

Tras un estudio en campo pormenorizado de alteraciones/daños, se marca con un check cuando se considera una afección considerable o susceptible de dar información añadida al estado del árbol. En ningún caso se han acompañado con mediciones de estas alteraciones.

## 2.2. Desarrollo de la ficha individual en estudio

- Testificación instrumental:

En la valoración se estima si es necesaria la aportación de alguna prueba instrumental, siempre que los defectos encontrados visualmente no se puedan expresar o la singularidad del ejemplar se vea afectada. Se han señalado con un check aquellos que se les ha realizado (33 con tomografía y resistógrafías, 25 con Tree-Radar) y también aquellos que se prevé realizar, 13ud.

- Diagnóstico:

Se diagnostica con valores resultantes del 1 al 3, siendo el 1 aquellas especies menos problemáticas y el 3 aquellas con más problemas. Se han estudiado el conjunto de fracturas habituales, caídas o vuelcos, junto con la flexibilidad de la madera, alturas por especies, geometrías de los troncos, etc, resultando como ejemplo que:

- 1: *Platanus, Quercus, Cercis, Ligustrum, etc.*
- 2: *Robinias, Gleditsias, Sophoras, Ulmus, etc.*
- 3: *Populus, etc.*

Para el riesgo de fractura, caída o vuelco la valoración divide por separado la orientación determinada y el porcentaje de riesgo de fracturar de las ramas, cimales o troncos. En función de la diana y la orientación, sumado al defecto, se valora del 1 al 5 el riesgo de fractura o vuelco y la importancia de los daños si se produjera la incidencia.

- Índice de estabilidad:

En la ficha individual de cada árbol se refleja automáticamente el valor obtenido del índice de estabilidad como la relación entre la altura y el diámetro, se suprimen los apartados de los check, definiendo solo el valor único obtenido:

Valor menor de 50 = 1

Valor entre 50 y 60 = 2

Valor entre 60 y 70 = 3

Valor entre 70 y 80 = 4

Valor mayor de 80 = 5

- Observaciones y propuestas de actuación:

En este apartado se ha realizado una prevaloración en base a los resultados obtenidos del estudio para dar traslado posteriormente a la evaluación por la Comisión.

### 3. RESULTADOS

A continuación se extraen algunos de los datos estadísticos más característicos del estudio.

#### 3.1 Total ejemplares estudiados

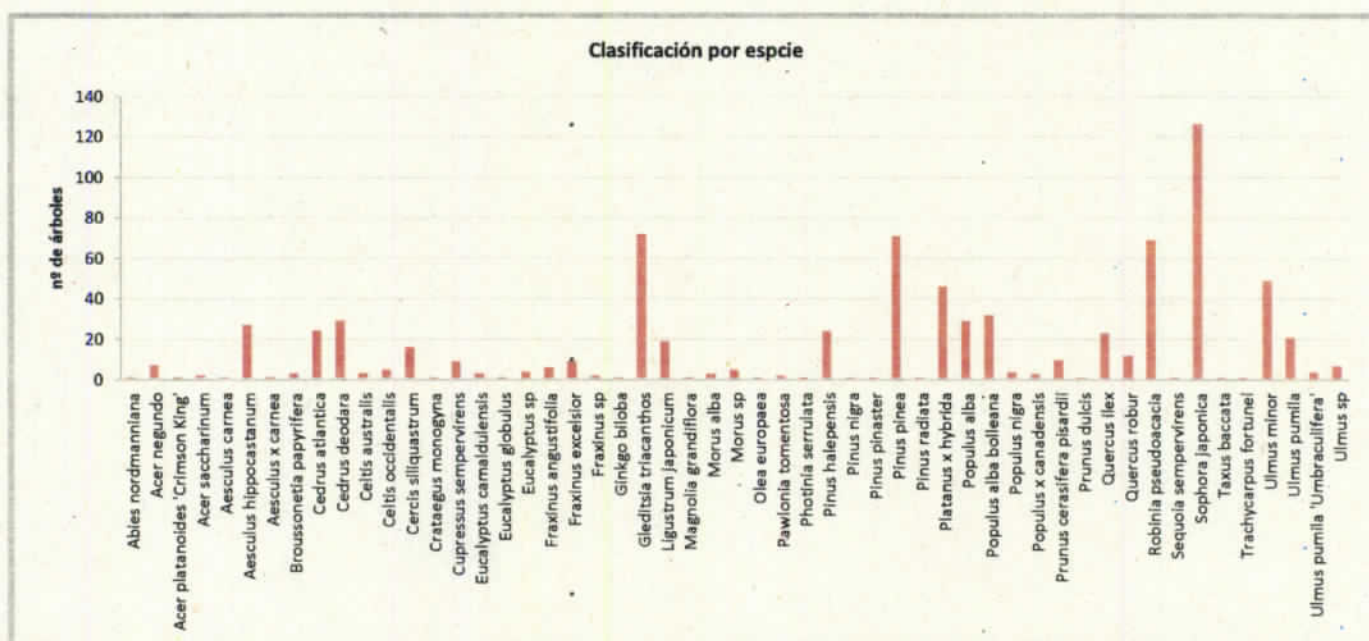
De los 813 árboles seleccionados se han apeado durante el estudio 16 ejemplares, quedando operativos los 797 restantes. No obstante, se han mantenido dentro de los archivos de este estudio identificándolos en su ficha correspondiente.





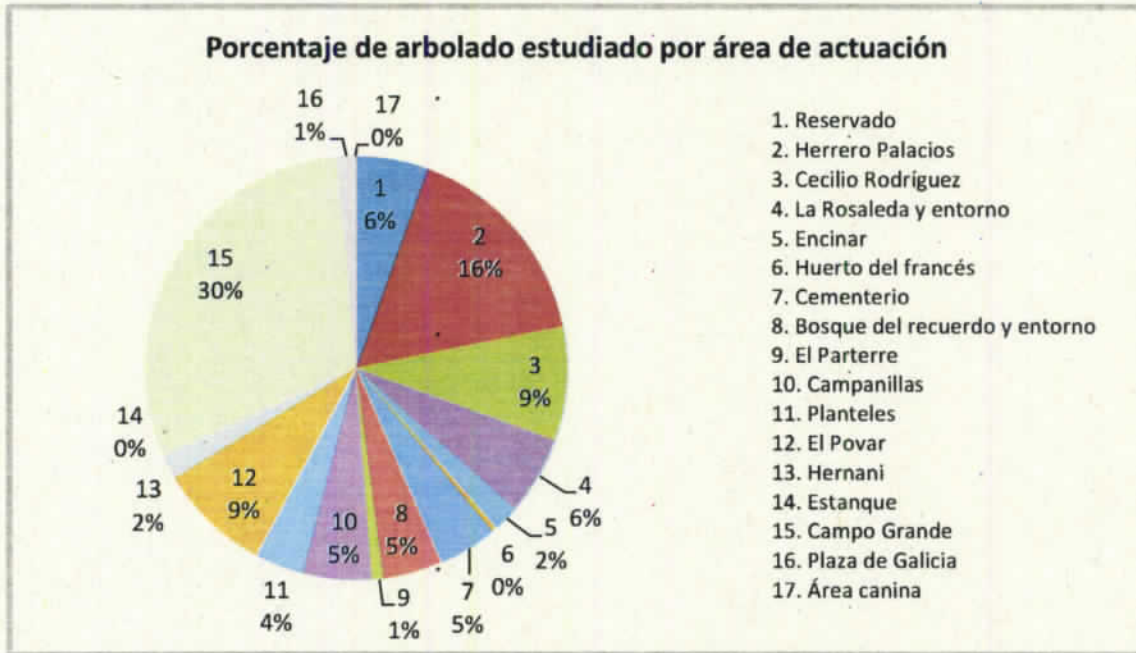
### 3.2 Arbolado clasificado por especie

A continuación se detallan las unidades por especie del total estudiado a excepción de los árboles apeados.



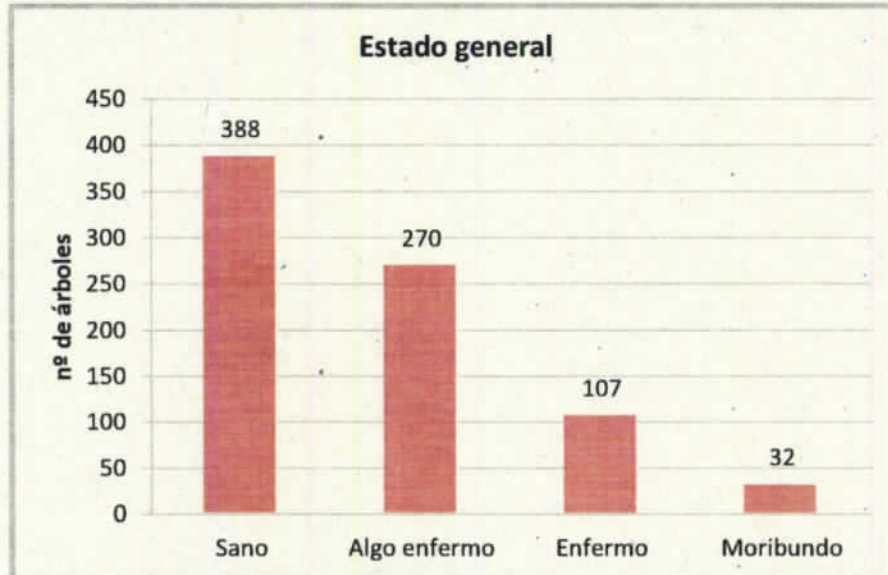
### 3.3 Porcentaje de arbolado estudiado por área de actuación

Se indica el porcentaje de arbolado estudiado por área de actuación, las áreas de Campo Grande y Herrero Palacios destacan con respecto al resto, con 242 y 130 árboles respectivamente.



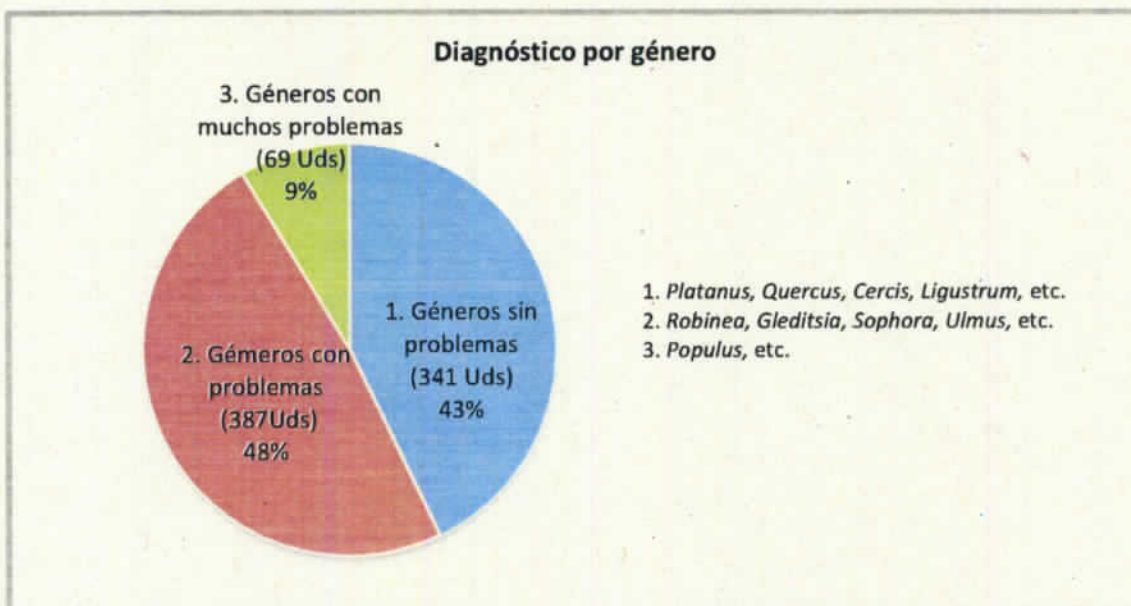
### 3.4 Estado general del arbolado

Al analizar el estado general, la mayoría de los ejemplares presentan un aspecto sano o algo enfermo, frente al 17% que muestran mayores características de enfermedad.

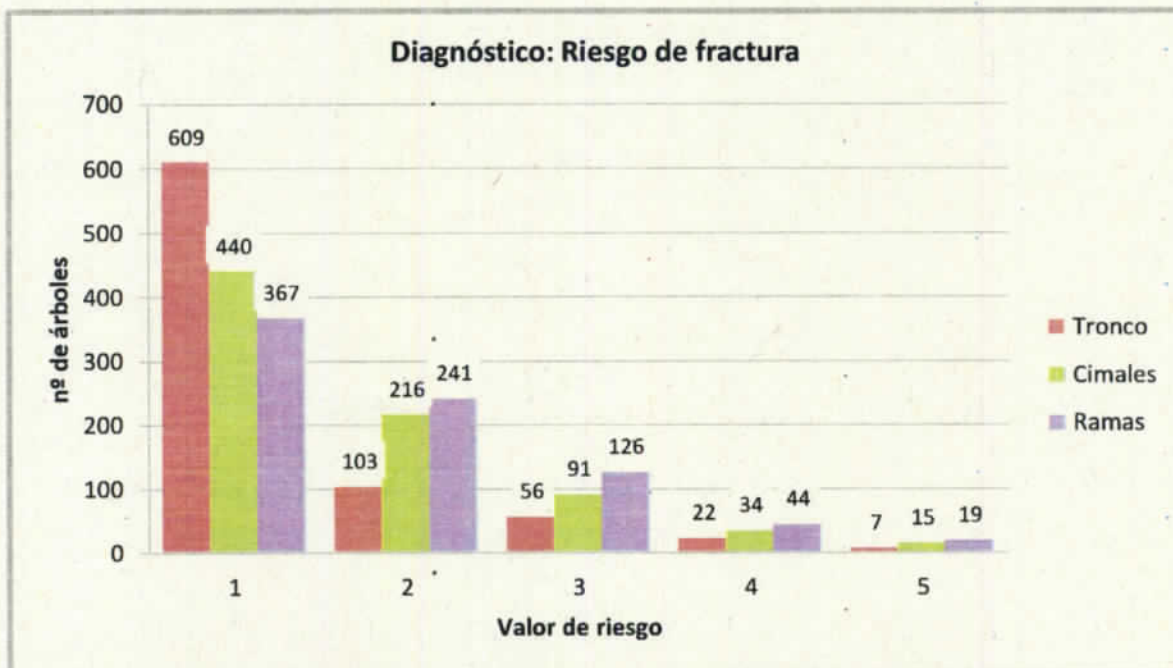




### 3.5 Diagnóstico por género



### 3.6 Diagnóstico: Riesgo de fractura en tronco, cimales y ramas



**ANEXO N° 6. INFORME SOBRE ANÁLISIS DE RAICES  
MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA TREE RADAR EN EL  
PARQUE DE EL RETIRO. MADRID. RESUMEN EJECUTIVO**



## INFORME SOBRE ANÁLISIS DE RAÍCES MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA TREE RADAR EN EL PARQUE DEL RETIRO (MADRID)



**UTE Acciona** Parques Históricos.

**D F Clark Bionomique Ltd.** Sharon Hosegood, FICFor F Arbor A BSc (Hons) Tech Cert  
(Arbor A)

**Tecnigral**, consultoría medioambiental.

**Noviembre 2014**

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

- 1.1. Durante el mes de octubre 2014 se analizaron las raíces de 107 árboles localizados en el Parque del Retiro. El objetivo de este estudio era determinar la presencia, en cantidad y densidad, de las raíces de una serie de árboles situados en zonas indicadas por los Servicios Técnicos Municipales.

Según los resultados obtenidos, uno de los árboles inspeccionados tienen una muy baja densidad de raíces y se recomienda su retirada o cualquier otra medida que minimice su riesgo de provocar un accidente. Hay otro conjunto de árboles que tienen una baja vitalidad de raíces (y ocasionalmente un decaimiento de la copa), aunque de todas formas en estos árboles encontramos una distribución razonable de raíces alrededor del tronco (basándonos en las líneas inspeccionadas con el escáner). En estos árboles, se recomienda una inspección y seguimiento más detallados, y la aplicación de técnicas de mejora de las condiciones del suelo, como el mulching. El resto de los árboles parece tener una densidad radical típica. Los resultados demuestran que la cota de nivel del suelo fue elevada en el pasado.

- 1.2. Este informe no sustituye a las labores de inspección y control que forman parte del régimen general de mantenimiento de estos árboles. Sería eso sí, muy recomendable, hacer un seguimiento de las posibles mejoras en la vitalidad de copa (y por lo tanto de las raíces) si se llegaran a realizar tratamientos que traten de mejorar las condiciones del suelo para aquellos árboles situados en césped o pradera.



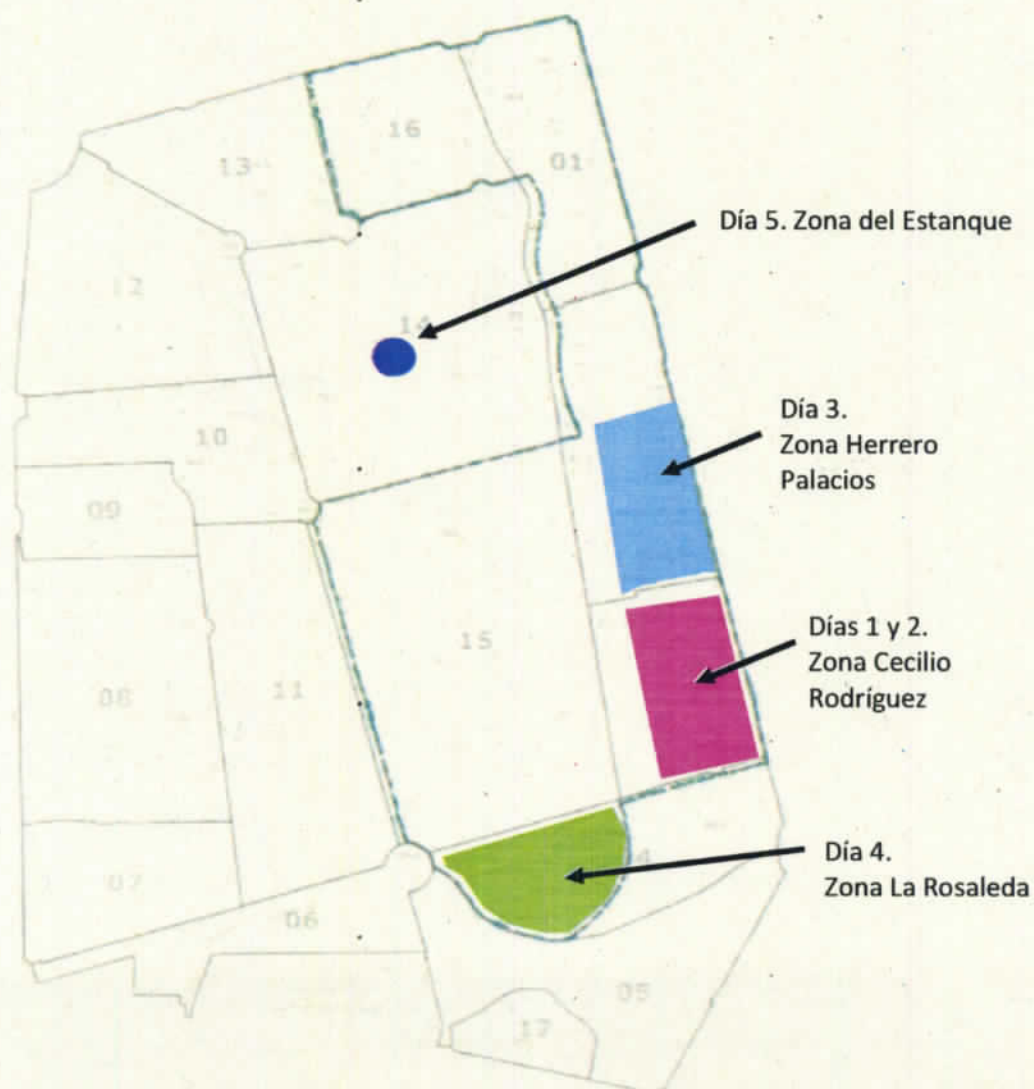
## 2. ALCANCE

- 2.1. El alcance de este trabajo consiste en la investigación de las raíces de un conjunto definido de árboles del Parque del Retiro para poder establecer su localización, su distribución y la profundidad a la que estas raíces se encuentran, usando para ello la unidad Tree Radar (TRU).
- 2.2. La cantidad de escáneres y su localización están basados en la experiencia y criterio del experto que los realiza, así como las limitaciones y condiciones del sitio y tipo de superficie.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO

### 3.1. Localización

Los árboles que fueron seleccionados por los técnicos municipales responsables de la gestión del Parque del Retiro, se encuentran localizados en las áreas marcadas en el mapa. Los trabajos en campo se llevaron a cabo a lo largo de cinco días.



Las condiciones ambientales para la inspección fueron en general buenas, a través de superficies de césped, pavimentos y terrizos. El carrito del Tree Radar no es capaz de escanear a través de superficies muy irregulares, como arbustos o por cambios bruscos de nivel, como escalones.

### 3.2. Los árboles y sus patrones de enraizamiento

Las principales funciones de las raíces son absorber agua y nutrientes minerales (que son transportados hacia la copa), almacenar carbohidratos y proporcionar anclaje. En las fuentes bibliográficas frecuentemente encontramos descrito que hasta el 90% de las raíces se encuentran en el primer metro de profundidad, principalmente en los primeros 60 cm. La morfología de las raíces depende de las condiciones del suelo y del medio, así como del tipo de especie. La mayoría de los sistemas radicales se extienden más allá de la proyección de la copa.

El crecimiento de las raíces se ve limitado en los suelos compactos o con mucha densidad de roca, ya que mecánicamente este tipo de suelos son difíciles de penetrar.

En la experiencia de los autores de este estudio, tanto en el manejo de Tree Radar durante casi cuatro años, y la espada de aire durante 7 años, la morfología de los sistemas radicales es cambiante y dependiente de los obstáculos y oportunidades que se presenten en el suelo, por lo que a menudo estos sistemas son más profundos de lo esperable.



## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Objetivos

Localizar las raíces y determinar su densidad en las áreas donde sea posible escanearlas. Todas las líneas de escáner se encuentran dentro del *área de protección de raíces\** del árbol.

*\*El área de protección de raíces (Root protection área o RPA) es el área mínima que contiene las suficientes raíces en distribución y volumen como para mantener las funciones del árbol y su vitalidad. Se utiliza como referencia en los trabajos de protección de raíces frente a obras y alteraciones del terreno. Normalmente, esta área coincide con la proyección de la copa (dripline) de un árbol tipo sin podar.*

### 4.2. Tree radar

La tecnología del georradar, radar de penetración terrestre, GPR o radar inferior, se utiliza para investigar o detectar objetos, estructuras, etc., por debajo del nivel del suelo. El software especializado TreeWin TBA permite la detección de las raíces y muestra su distribución en vistas en planta y perfil (excavaciones virtuales). Se utilizó una antena de 400 MHz para detectar raíces de un diámetro de 20 mm o superior, hasta una profundidad de 2-2,5 m.

### 4.3. Escáneres

Las líneas de escáner fueron medidas y marcadas en cada sitio. Para cada árbol, la localización de estas líneas se muestra en el Anexo 2 como líneas rojas y la dirección de avance del escáner se marca con una flecha. Cada vez que la máquina pasa por delante del tronco se toma una medida. De esta manera se puede comprobar que la medida tomada manualmente para cada línea de escáner coincide con la medida tomada por el radar.

Las condiciones de escaneo fueron buenas. No se puede escanear sobre arbustos o terreno irregular ya que la antena perdería contacto con la superficie. En algunos ejemplares, las líneas de escáner se veían interrumpidas por barreras físicas (tales como bancos o vallas). Los resultados obtenidos en campo se analizan usando el software Tree Win™. La información se presenta como una serie de "excavaciones" o "trincheras virtuales" que se detallan en el Anexo 2. La interpretación de estos resultados se explica en más detalle en el Anexo 1 "Cómo interpretar los resultados".

## 5. RESULTADOS

Los resultados detallados se exponen en el Anexo 2.

## 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 6.1. Sobre los sistemas radiculares:

El Tree radar detecta raíces con un diámetro mayor a 20 mm. Por lo tanto, las raicillas más finas no son detectadas. Las raíces más grandes (de diámetro 20 mm o mayores) tienen una doble función: estabilidad y transporte de agua y nutrientes. La durabilidad o tiempo de vida de las raíces más finas es variable, y el árbol es capaz de generar gran cantidad de estas raicillas cuando las condiciones son favorables. Dada esta facilidad de regeneración de raíz fina, la pérdida de este tipo de raíces puede ser aceptable. Esto aplica en mayor medida a algunas especies en particular, como el plátano de sombra. Otras especies sin embargo, como el cedro, tienen poca capacidad de regeneración radical.




6.2. Las raíces constituyen el sistema de anclaje del árbol, además de transportar agua y nutrientes. Además, las raíces también respiran como parte del proceso de la fotosíntesis. Las raíces más cercanas a la base del árbol son las más gruesas y, a la distancia de un metro, su grosor suele disminuir considerablemente, subdividiéndose las raíces principales en sucesivas ocasiones. Esto es típico de especies como el fresno, los arces, el ciprés o la falsa acacia, aunque en algunas otras, como por ejemplo los cerezos, las raíces pueden mantener un grosor considerable a gran distancia de la base. Normalmente, en un árbol maduro el diámetro de las raíces a pocos metros de distancia del tronco suele oscilar entre los 10 y los 50 mm, aunque esto varía no sólo con las especies, sino también con el tipo de suelo y los obstáculos subterráneos. De las raíces principales se desarrolla una miríada de raíces finas y raicillas que son responsables de las funciones biológicas del árbol. Éstas son muy importantes para la salud del árbol, pero menos importantes en lo que a estabilidad se refiere. Las raíces finas y raicillas se regeneran con facilidad después de ser cortadas, siempre que el árbol esté sano y las condiciones de crecimiento para las mismas sean las adecuadas.



- 6.3. Las raíces se extienden bajo la copa de los árboles y normalmente se concentran en el primer metro de profundidad del suelo. Son grandes oportunistas y se desarrollan principalmente cuando las condiciones son favorables. Esto es fácil de constatar al observar raíces que crecen adheridas a pavimentos o tuberías. Esto es debido a las condiciones favorables de condensación de agua que se produce en las superficies de contacto entre distintas estructuras, debido al gradiente térmico. (Los comentarios realizados por los autores sobre morfología y distribución de las raíces se basan en los años de experiencia e investigación, bien mediante el uso de las espadas de aire, las observaciones directas en excavaciones y el uso de la tecnología Tree Radar TM).
- 6.4. Los problemas principales a los que se enfrentan las raíces en los árboles urbanos son:
- *Deficiencia de oxígeno* debido a la compactación del suelo.
  - *Deficiencia de agua*, especialmente en los suelos muy compactados.
  - *Deficiencia de materia orgánica*, resultado de una baja actividad biológica. Las zonas de pradera o césped no solo no contribuyen al aporte de material orgánica, sino que además suponen una competencia para los árboles en lo que a agua y nutrientes se refiere (especialmente con árboles jóvenes).
  - *Daños ocasionados por las altas concentraciones salinas* en el sustrato que ocasiona el colapso de los poros del suelo, lo que se traduce en deficiencia de agua y oxígeno.
- 6.5. Tipos de superficies escaneadas. Los árboles analizados en el parque del Retiro se encontraban en las siguientes condiciones de entorno:
- Pavimento
  - Césped
  - Terrizo
  - Algunos casos puntuales de lechos de mulch

En algunos árboles, el área alrededor de los mismos estaba restringida por infraestructuras como paredes, escaleras y otro tipo de barreras.

El Parque del Retiro presenta un mantenimiento impecable, de alto estándar, con áreas de césped muy bien delimitadas, así como terrizos y caminos limpios.

- 6.6. El personal del servicio técnico del Parque informa de que los árboles analizados fueron “enterrados”, es decir, la cota del suelo fue elevada unos 60 cm hace aproximadamente 30 años. Los resultados obtenidos con el Tree Radar confirman estas sospechas. En ocasiones esta circunstancia es apreciable a simple vista debido a la ausencia de ensanchamiento en la base de los árboles. En la mayoría de los casos, parece que los árboles se han sobrepuesto a esta condición de enterrado, y han sido capaces de mantener satisfechas sus necesidades fisiológicas, tal y como demuestra una vitalidad razonable de las copas.
- 6.7. Los escáneres revelan que en la mayoría de los casos estudiados en el Parque del Retiro, la densidad de raíces es mayor en los árboles situados en pradera que en aquellos situados en pavimento. Este resultado se ve claramente ilustrado en aquellos árboles cuyas raíces están parte bajo superficies duras y parte bajo superficies blandas. Un ejemplo es el cedro con ID 46675, escaneado el día 1 en el área 3 de los Jardines Cecilio Rodríguez. Estos resultados respaldan nuestro conocimiento intuitivo de cómo las necesidades fisiológicas de las raíces se ven mejor cubiertas cuando las superficies son blandas. A su vez, también se detecta mayor densidad radical cuando la superficie blanda es desnuda (terrizos) que cuando la superficie está cubierta con vegetación cespitosa.
- 6.8. Resultados encontrados por árbol. Según los resultados obtenidos los árboles objeto de estudio se han catalogado de la siguiente manera:
-  Árbol con una densidad de raíces razonable para mantener buenas condiciones de salud.
  -  Árbol con poca densidad de raíces, donde se recomienda realizar actuaciones de mejora del suelo, para favorecer nuevos crecimientos radicales en el horizonte superior.
  -  Árbol con muy poca densidad de raíces, que supone un riesgo alto para la estabilidad. Se recomienda la retirada del ejemplar o la adopción de cualquier otra medida que minimice su riesgo de provocar un accidente.



## 6.9. Recomendaciones principales:



Tala prioritaria del árbol con ID 24667 y aconsejable sustitución, o bien adopción de otras medidas que minimicen su riesgo.



Valorar la realización de actuaciones de mejora de las condiciones de enraizamiento, para favorecer un mayor desarrollo de la densidad radical. Si bien estas actuaciones no son una ciencia exacta y sus beneficios pueden no ser observables hasta pasados algunos años, nuestras recomendaciones son las siguientes:

### 6.9.1. Superficies con césped:

A pesar de que la densidad de raíces bajo superficies con césped sea buena, las áreas con mulch proveen de un medio mejor a las raíces, ya que la descomposición gradual de las cortezas y la hojarasca enriquecen los niveles de nutrientes del suelo y mejoran la aireación. La microfauna edafológica también juega un importante papel movilizando nutrientes hacia los horizontes más profundos y aireando el suelo.

Se recomienda entonces la retirada cautelosa de la pradera debajo de las copas hasta una distancia que idealmente debería coincidir con la proyección de la copa. Una vez retirado el césped, se debe airear la superficie suavemente, utilizando rastrillos o bien, aplicando la espada de aire de forma vertical y realizando 2 agujeros por metro cuadrado. Revestir la superficie con un mulch a base de madera compostada y corteza troceada, hasta cubrir un primer horizonte de unos 75 mm de espesor.

El mulch puede ser directamente producido a partir de los restos de poda generados en el Parque. Los residuos generados en la poda, astillados y triturados, se almacenan para su descomposición. Esta utilización de residuos puede suponer un ahorro de costes y además hay evidencias que sugieren que los triturados de madera proveniente de la misma especie tienen una acción más beneficiosa para el árbol, por ejemplo: usar madera de pino debajo de los pinos.

Además, se recomienda hacer un seguimiento de la vitalidad de los árboles cada tres meses tomando fotografías, para valorar incrementos en la densidad foliar.

Además del uso de madera triturada, también se puede recurrir a enmiendas comerciales, como el Biochar, u otros productos similares. (<http://www.biochar.ac.uk/>)

El siguiente texto se extrae de la página web de la empresa comercializadora:

<http://www.carbongold.com/>

*“El biocarbón es un carbón vegetal altamente poroso y con una alta concentración carbono usado para mejorar la concentración y calidad de los nutrientes del suelo, así como las condiciones de crecimiento y la estructura edáfica.*

*Se obtiene a partir de cualquier residuos de biomasa leñosa que se carboniza a baja temperatura con un suministro limitado de oxígeno, en un proceso llamado pirólisis. Este proceso da lugar a una forma estable de carbono que se elimina del ciclo de carbono atmosférico cuando se añade como una enmienda del suelo. Una tonelada de carbono encerrado en Biochar representa el equivalente a tres toneladas de dióxido de carbono retiradas de la atmósfera.*

*El biocarbón ayuda de manera natural a mejorar la estructura, la fertilidad y la salud del suelo, a la vez que mantiene secuestrado el dióxido de carbono de la atmósfera durante cientos de años. Gracias a su estructura microscópica en forma de panal, el Biochar ofrece el hábitat perfecto para los microorganismos beneficiosos del suelo, tales como hongos micorrícicos y bacterias actinomyces. El Biochar también actúa como una esponja, mejorando significativamente la capacidad de retención de agua del suelo o compost, y reduciendo el riesgo de desecación y la frecuencia de riego. También ayuda a retener los nutrientes minerales que de otro modo se lixivian por la lluvia. A diferencia de otras enmiendas del suelo, el Biochar no se descompone y se queda en el suelo casi indefinidamente, mejorando la salud natural y la fertilidad del suelo durante décadas.”*

#### 6.9.2. Superficies pavimentadas:

La alteración ocasionada por el cambio de superficies duras a blandas cuando los árboles están en buenas condiciones puede ser desproporcionada y por lo tanto desaconsejable. Una opción alternativa a considerar es la instalación de tubos de aireación con una base perforada, como se muestra en los trabajos recogidos en el libro “Lechos de plantación en la ciudad de Estocolmo – Guía” 03/02/2009, por Örjan Stål).



#### 6.10. Resumen.

Los árboles inspeccionados en el Parque del Retiro, en número de 107 ejemplares, presentan un más que correcto mantenimiento. En líneas generales, se puede afirmar que en las zonas analizadas, los resultados demuestran que la cota de nivel del suelo fue elevada en el pasado, por lo que las raíces se encuentran en muchos casos enterradas más de 1 metro respecto al nivel del suelo.

En tan sólo **(1) uno** de ellos se recomienda el apeo, u otras medidas que minimicen el riesgo, debido a la falta de raíces.

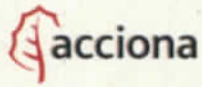
Otros árboles, en número de (27) veintisiete tienen una densidad de raíces menor a la deseable para su edad y dimensiones, aunque se aprecia una distribución razonable de raíces alrededor del tronco y, dado que presentan niveles de vitalidad razonables, sería desproporcionado recomendar su apeo, especialmente cuando forman parte integral del Parque y proporcionan un indudable valor ecológico para el medio. En estos **(27) veintisiete árboles**, no se recomienda ninguna actuación especial, sí una inspección y seguimiento más detallados, y la aplicación de técnicas de mejora de las condiciones del suelo, como el mulching.

En una situación intermedia entre una densidad menor a la deseable y la densidad típica, encontramos un total de **(21) veintiún árboles**.

El resto de los árboles, **un total 58 (cincuenta y ocho)** parecen tener una densidad radical típica. Y pueden ser gestionados, al menos desde el punto de vista del estado radicular, dentro de las líneas generales de mantenimiento del arbolado del parque.

**ANEXO N° 7. INFORME FÍSICO-MECÁNICO MEDIANTE  
ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE ARBOLADO EN EL PARQUE  
DEL RETIRO. RESUMEN EJECUTIVO**





# **Informe físico-mecánico mediante análisis instrumental de arbolado en el Parque del Retiro.**

Diciembre 2014



## Dirección

### Dirección Técnica:

**Santiago Soria Carreras.** Doctor Ingeniero de Montes. Subdirector General de Zonas Verdes y Arbolado urbano Ayuntamiento de Madrid.

**Rosa Montalvo.** Ingeniero Técnico Agrícola. Directora del Parque del Retiro.

### UTE Acciona Parques Históricos

**Miguel Angel Sánchez Almela.** Grado en Ingeniería Forestal. Master en Planificación Empresarial del Medio Ambiente. Gerencia.

### DASOTEC

**Juan Manuel Borrajo Millán.** Ingeniero de Montes. Director-Gerente.

## Resumen

En este informe se analizan las características físico-mecánicas de varios árboles del Parque del Retiro de Madrid. Se trata de árboles con dianas de alta peligrosidad y aparentes defectos estructurales por lo que se recomienda su estudio detallado para determinar el posible riesgo de colapso.

Para acometer su estudio se ha procedido al análisis instrumental, utilizando para ello los tomógrafos sónico, 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.

Los resultados de dichos exámenes se recogen en el presente estudio, base para determinar finalmente el riesgo de colapso o rotura de la base o tronco de cada ejemplar.

## Contenido

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>4</b>
ANÁLISIS INSTRUMENTAL.....	4
DIAGNÓSTICO DE ESTÁTICA INTEGRADA.....	5
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMEN DE CONCLUSIONES</b> .....	<b>7</b>
<b>FICHAS INDIVIDUALES</b> .....	<b>8</b>
ID C02812 GLEDITSIA TRIACANTHOS .....	10
ID C09578 ULMUS MINOR .....	16
ID C09582 ULMUS MINOR .....	22
ID C09733 ULMUS MINOR .....	27
ID C09740 GLEDITSIA TRIACANTHOS .....	32
ID C09747 GLEDITSIA TRIACANTHOS .....	37
ID C09748 GLEDITSIA TRIACANTHOS .....	42
ID C09761 GLEDITSIA TRIACANTHOS .....	48
ID C09857 POPULUS ALBA .....	53
ID C10246 ULMUS MINOR .....	58
ID C10261 ULMUS MINOR .....	64
ID C13343 ULMUS MINOR .....	69
ID C13344 ULMUS MINOR .....	74
ID C13345 ULMUS MINOR .....	79
ID C13346 ULMUS MINOR .....	84
ID C13366 ULMUS MINOR .....	89



# Informe físico-mecánico mediante análisis instrumental de arbolado en el Parque del Retiro.

## Introducción

Este informe se enmarca dentro de los programas de gestión del arbolado urbano del Ayuntamiento de Madrid tendentes a la prevención de riesgos por posibles problemas físico-mecánicos.

Estos programas de prevención se basan en el examen de la estabilidad física y mecánica de los árboles, a través de análisis que permiten realizar predicciones de la potencialidad al fallo del sistema.

Los estudios biológicos de estabilidad del arbolado se basan en evaluaciones visuales que individualizan los síntomas exteriores que revela el árbol.

Esta evaluación visual en ocasiones debe ser contrastada con otros métodos de análisis que nos permitan un acercamiento más preciso a la realidad biomecánica del árbol. Los análisis instrumentales utilizan diferentes tecnologías para determinar 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 conductividad eléctrica.

Aplicando estas técnicas instrumentales, se puede estimar la probabilidad de fallo aplicando varios sistemas de evaluación de riesgo o decidir si un determinado árbol satisface un establecido estándar de seguridad.

## Localización

La toma de datos del presente estudio se llevó a cabo durante el mes de octubre y noviembre de 2014 en el Parque del Retiro.

Son ejemplares de elevada diámetro debido al tránsito continuo de personas en su radio de influencia y, en algunos casos, parques infantiles y mobiliario urbano.

En líneas generales, estos árboles se encuentran en el interior de la ciudad, a unos 600 m sobre el nivel del mar. El clima es mediterráneo templado, con cierto grado de continentalidad. El viento dominante en la zona es del oeste, en general flojos a moderados. Las tempestades se forman con vientos del SW y, en menor medida, del W.

Un aspecto importante a la hora de determinar el riesgo de caída de arbolado es la presencia de nieve. En este caso, son 1 a 5 los días anuales de nieve, que cae de forma más o menos copiosa en el periodo del 20 de diciembre al 20 de enero, un máximo secundario en la segunda semana de febrero y otro menor en abril. Se debe contemplar esta posibilidad, si bien no es tan significativa como en otros emplazamientos menos protegidos.

Además de estos datos básicos, es importante conocer y considerar cualquier suceso local relevante que pueda tener efectos en el estudio o conlleve la introducción de nuevas variables para la evaluación. En este



sentido, se producen ocasionalmente en Madrid temporales de vientos fuertes, que, como en el caso de marzo de 2007, derribaron 258 árboles en la ciudad. Los vientos superaron los 90 km/h. No siendo fenómenos frecuentes, deben ser considerados a la hora de determinar el riesgo de fractura o caída de los árboles estudiados.

### Material y métodos

Se analiza el estado físico-mecánico actual de cada ejemplar mediante el análisis instrumental, siendo árboles definidos por el Ayuntamiento de riesgo, una vez realizados los correspondientes estudios de inspección visual o VTA de los mismos.

No se incluyen por tanto estos análisis visuales, que no son objeto de este Informe.

### Análisis instrumental

El diagnóstico instrumental, nos aporta 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, Tomógrafo de Impedancia Eléctrica y Resistógrafo.**

Se presta especial atención a utilizar los aparatos en aquellos puntos en los que la inspección visual detecta algún tipo de defecto, pudrición o grieta. 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.

Las herramientas utilizadas para la diagnosis instrumental fueron:

**Tomógrafo sónico:** Aparato que, debido a la emisión y recepción del sonido a través de sensores, efectúa una gráfica de la sección transversal del árbol al nivel estudiado, basada en la velocidad de transmisión de dichas ondas sónicas en la madera, proporcionando información mecánica de la misma.

Se realizaron al menos dos medidas del tomógrafo a diferentes niveles sobre el nivel del suelo. La geometría, al ser irregular, se obtuvo por medio de forcípula digital para determinarla de la forma más exacta posible.

Tras las medidas acústicas, se construyeron los tomogramas para cada sección utilizando el software PiCUS Q70 3D.



Tomógrafo sónico



### Tomógrafo de Impedancia Eléctrica:

Esta tecnología se fundamenta en la propagación de la corriente eléctrica en el interior del tronco para obtener información de las propiedades químicas (conductividad o resistividad) de la sección estudiada del árbol.

Se realizaron medidas a la misma altura que los tomógrafos sónicos, con objeto de analizar de forma conjunta el estado interno del árbol.



Tomógrafo de Impedancia Eléctrica

**Resistógrafo:** equipo de medición de resistencia a la perforación utilizado para obtener perfiles de densidad que permiten cuantificar y posicionar aquellas áreas donde se dan variaciones respecto a la media, hecho que representa un óptimo indicador del decaimiento fúngico, de las zonas de compartimentación, de los daños producidos por insectos, grietas y zonas huecas.



Resistógrafo

Los tomogramas aparecen como mapas internos de la sección del árbol, aportando información de la estructura física (densidad) y química (resistividad) del interior.

Los dos tipos de tomogramas muestran una gran correspondencia entre sí, al tiempo que representan los defectos internos, como la extensión de huecos o pudriciones, defectos y grietas laterales o radiales.

### Diagnóstico de estática integrada

Con el fin de realizar un correcto diagnóstico de la estabilidad del tronco evaluado a través de los procedimientos instrumentales descritos, se han utilizado tres métodos independientes para una interpretación complementaria.

Las técnicas empleadas son el Método VTA, el Método SIA (*Statics Integrating Assessment*) y el Método TreeSA (*Tree Stability Assessment*). 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. La diferencia entre los citados sistemas de evaluación reside en los parámetros que valora cada uno de ellos para estimar dicha magnitud.

Así pues, para Mattheck sólo una pared residual mayor o igual a un tercio del radio total del árbol puede garantizar la estabilidad del mismo. Según esto, el valor de la pared residual ( $t$ ) se obtiene considerando únicamente las dimensiones de la sección del tronco, mediante la relación:

$$t \geq \frac{r}{3}$$

En los dos últimos, la estimación de la pared residual mínima se deriva de la concreción del factor de seguridad del árbol, mediante la valoración, por un lado, de la oposición o aguante a la flexión de un tronco, calculada a partir de la geometría que soporta la carga (diámetro de tronco y grado de daños o cavidades) y de las propiedades de la madera verde de cada especie, y por otro lado, de la presión ejercida por parte del viento en la copa, aplicando la exposición a la máxima velocidad posible, que conlleva el mayor riesgo de colapso, es decir, el nivel 12 en la escala Beaufort.

El resultado es el factor de seguridad que cuantifica la resistencia a la fractura del tronco estudiado.

### **Resultados**

A continuación se recoge un resumen de la estabilidad de cada uno de los árboles

analizados, referida a la probabilidad de colapso del tronco en el entorno de su base. Este cálculo de la estática estructural de cada individuo se basa en la pared residual existente en el momento del análisis instrumental mediante los tres métodos descritos, todos ellos internacionalmente contrastados y admitidos. Por ello, cualquier suceso que pudiera ocasionar la caída o rotura del ejemplar considerado "estable" en el presente informe se debería a un agravamiento posterior de las condiciones actuales (avance de las pudriciones principalmente) o a sucesos técnica y estadísticamente improbables.

Se incluyen asimismo los resultados del análisis instrumental individualizados para cada árbol analizado.