

## Caracterización histórica, ecológica, taxonómica y fitosanitaria de una olmeda relictada en Rivas-Vaciamadrid (Madrid)

J. A. Martín<sup>1</sup>, A. Solla<sup>2</sup>, M. Burón<sup>1</sup>, J. C. López-Almansa<sup>3</sup> y L. Gil<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal. E. T. S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Paseo de las Moreras s/n. 28040-Madrid. España

<sup>2</sup> Departamento de Biología y Producción de los Vegetales. Ingeniería Técnica Forestal. Universidad de Extremadura. Av. Virgen del Puerto 2. 10600-Plasencia. España

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias y Artes. Universidad Católica de Ávila. C. Canteros s/n. 05005-Ávila. España

---

### Resumen

Se presentan, revisan y discuten los resultados de una serie de trabajos encaminados al estudio de una olmeda situada en el término municipal de Rivas-Vaciamadrid (Comunidad de Madrid). Desde el año 2000, se han analizado la historia, estado sanitario, taxonomía, dendrocronología, y características reproductivas y genéticas de los olmos que la componen. Esta olmeda puede tener un origen parcialmente antrópico, dada la coexistencia en ella de *Ulmus minor* s.l., de origen ibérico, con *Ulmus minor* var. *vulgaris*, de origen italiano. Existen dos categorías reproductivas en la olmeda, con pies cosexuales y pies funcionalmente masculinos, siendo más frecuentes estos últimos, aunque con una variabilidad genética menor. Desde el punto de vista sanitario, se observa un lento pero progresivo decaimiento de la olmeda a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, probablemente como consecuencia de la grafiosis. Se proponen una serie de medidas para su mejor conservación.

**Palabras clave:** conservación, historia forestal, biología reproductiva, taxonomía, sanidad forestal, *Ulmus minor*, *Ophiostoma novo-ulmi*.

### Abstract

#### Historical, ecological, taxonomic and health characterization of the relict elm stand of Rivas-Vaciamadrid (Madrid)

A series of studies focused on the characterization of an elm stand located at Rivas-Vaciamadrid (Comunidad de Madrid, Central Spain) are presented, revised and discussed. Since 2000, the elm stand history, its health, taxonomy, dendrochronology, and the reproductive and genetic characteristics of the elms have been analysed. The elm stand could have a partially anthropic origin, as indicated by the coexistence of *Ulmus minor* s.l. of Iberian origin with *Ulmus minor* var. *vulgaris* of Italian origin. The presence of cosexual and functionally-male trees indicates the existence of a gender differentiation. Functionally-male trees are numerically more frequent, but they have less genetic variability than the cosexual trees. A low but progressive decline during the second half of 20<sup>th</sup> century has been observed, probably as a consequence of Dutch elm disease. In order to help towards the elm stand conservation, some actions are proposed.

**Key words:** conservation, forest history, reproductive biology, taxonomy, forest health, *Ulmus minor*, *Ophiostoma novo-ulmi*.

---

### Introducción

El olmo campestre (*Ulmus minor* Mill.) constituye un elemento fundamental de los bosques ribereños de la

Europa mediterránea. Desde la antigüedad, el hombre ha utilizado a los olmos como ramón para el ganado, soporte de vides, madera para la construcción, leña o fines terapéuticos (Fuentes-Utrilla *et al.*, 2004). Esta variedad de usos, junto con su alta capacidad de propagación vegetativa, han hecho que fuera una especie muy difundida artificialmente (Gil *et al.*, 2003). A partir del siglo XVI el valor ornamental del olmo tuvo un gran

---

\* Autor para la correspondencia: luis.gil@upm.es  
Recibido: 13-07-05; Aceptado: 09-06-06.

importancia, condición que se mantiene hasta la actualidad. Sin embargo, la aparición de las dos epidemias de grafiosis a lo largo del siglo XX ocasionó la desaparición de la casi totalidad de las olmedas españolas, al igual que en el resto de Europa y Norteamérica (Brasier *et al.*, 2004).

En España, la primera epidemia de grafiosis se detecta a comienzos de los años treinta en Madrid (Martínez, 1932). El hongo *Ophiostoma ulmi*, conocido como cepa no agresiva de la grafiosis, fue el responsable de la epidemia. Su dispersión implicó una importante disminución de las poblaciones de olmo, aunque los daños fueron menos severos que en el norte de Europa (Gil *et al.*, 2003). La segunda epidemia, ocasionada por el hongo *Ophiostoma novo-ulmi*, se detecta en 1980 en San Sebastián (Robredo, 1980), y al año siguiente en Aracena (Huelva) y Santorcaz (Madrid). Esta cepa agresiva se extendió rápidamente por toda la Península Ibérica, causando la desaparición masiva de olmos y olmedas del paisaje forestal español, así como de multitud de ejemplares en el entorno urbano.

Uno de los últimos vestigios de las antiguas olmedas se localiza en la localidad madrileña de Rivas-Vaciamadrid, dentro del Parque Regional del Sureste de la Comunidad de Madrid. Se trata de una de las olmedas de *U. minor* mejor conservadas de la Península (Fig. 1). Se sitúa en el margen derecho del Río Manzanares, cerca de su confluencia con el Río Jarama, en el paraje conocido como Casa Eulogio (40° 20' N, 3° 33' O; 520 m.s.n.m) (Fig. 2), y está formada por cerca de 300 individuos de *U. minor* de entre 15 y 25 m de altura (Cabrera, 2001). El clima de la zona se clasifica como



**Figura 1.** Ejemplares de *Ulmus minor* en la olmeda de Rivas-Vaciamadrid.

mediterráneo-fresco-semiárido (Allué, 1990), con temperaturas que varían entre 40°C de máxima absoluta y -10°C de mínima absoluta. La temperatura y precipitación medias anuales son 14,3°C y 417,6 mm, respectivamente. Los suelos sobre los que se sitúa la olmeda son los típicos de llanuras aluviales y terrazas (vegas aluviales), con sedimentos de origen cuaternario. Junto a los olmos aparecen dispersos algunos pies de *Fraxinus angustifolia* y *Populus nigra*, así como *Salix fragilis* en puntos muy próximos al agua. El sotobosque es herbáceo, y está sometido a un intenso aprovechamiento pascícola de ganado vacuno.

En este trabajo se presentan, revisan y discuten conjuntamente los resultados de una serie de investigaciones iniciadas en el año 2000, que contemplan el estudio de la evolución de la olmeda durante los últimos años, la caracterización ecológica y taxonómica de su población, y la evaluación del estado fitosanitario (Cabrera, 2001; Fuentes-Utrilla, 2002; López-Almansa 2002; Dacasa *et al.*, 2003; López-Almansa *et al.*, 2003; Martín y Gil, 2003; Gil *et al.*, 2004; Solla *et al.* 2006).

## Evolución histórica

La olmeda se sitúa en una estación riparia potencialmente apta para la existencia de rodales naturales de olmo. No obstante, la vegetación actual se encuentra muy alterada por causas antrópicas, por lo que no se puede asegurar que la olmeda tenga un origen natural. La propia existencia en la olmeda de pies de *Ulmus minor* var. *vulgaris* de origen italiano (ver más adelante) indica que al menos una parte de los ejemplares han sido introducidos en algún momento de la historia. El área hoy ocupada por la olmeda aparece en las Respuestas Generales del Catastro de Ensenada para la Villa de Vaciamadrid (año 1753) como «Soto de la Casa de Eulogio», y se describe como «tierras de regadío con agua de noria y de pie que sirven para la producción de trigo o cebada indistintamente» y «sotos que sirven para los aprovechamientos de herbaje a los ganados, y sus matas de taray, y otras para leña dos mil ochocientos setenta y cinco fanegas, todas de primera calidad en especie». La presencia de olmos no se menciona explícitamente, si bien el término «otras para leña» refleja la existencia de otro tipo de vegetación leñosa además del taray. El tradicional uso de los olmos como forraje para el ganado, leña, y sombra para las norias de riego hacen posible su presencia en aquella época.



**Figura 2.** Vista aérea de la olmeda de Rivas-Vaciamadrid y alrededores. La flecha señala una alineación de olmos infectados de grafiosis desde antaño, posible foco original.

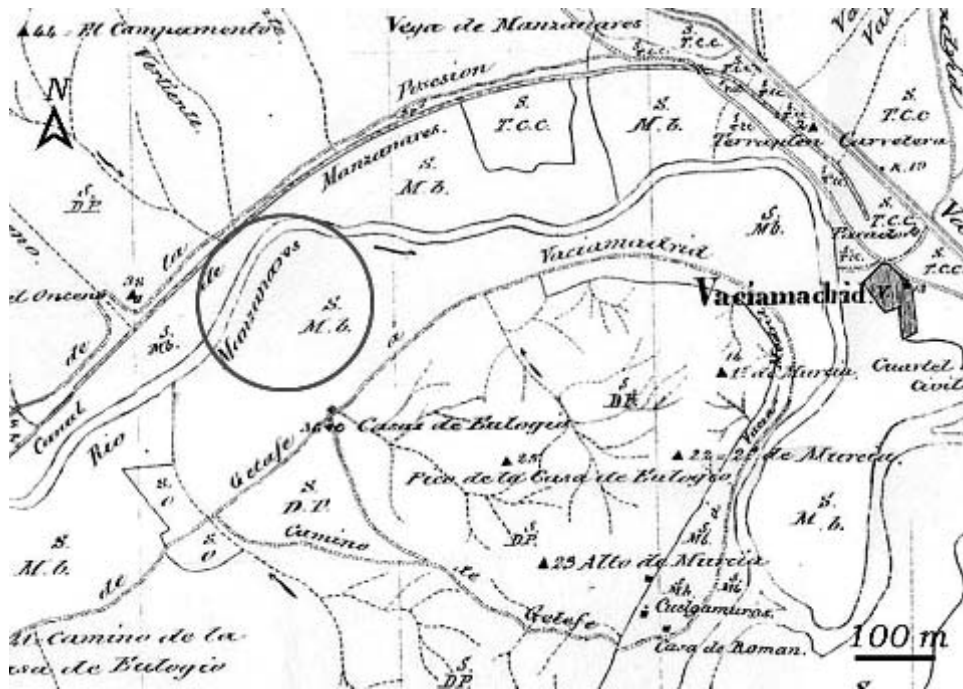
ca. Otro aspecto reflejado en el Catastro es la buena capacidad productiva de Casa Eulógio en pasto y leña, produciendo un 30% más que los sotos aledaños, lo que sugiere una importante presencia de vegetación leñosa.

En los Boletines de Ventas de Bienes Nacionales (1871) no se menciona el Soto de Casa Eulógio, probablemente porque esta finca ya estuviera en manos privadas con anterioridad al proceso de desamortización. Sí se encuentra el anuncio de venta del Soto de los Plantíos, situado a unos 8 km aguas arriba de Casa Eulógio. En este soto se describían «14.000 árboles de las clases de álamo negro, blanco, chopo, fresno, morera, acacia, almendro y otras especies». El término álamo negro es ampliamente aceptado desde el siglo XVI para designar al olmo (Gil *et al.*, 2003). Si tenemos en cuenta que se mencionan las especies *álamo blanco* y *chopo* conjuntamente, es muy probable la existencia olmos en ese lugar y, por tanto, en zonas próximas a Casa Eulógio.

La cartografía antigua del Instituto Geográfico Nacional (1875) describe la zona hoy ocupada por la olmeda como «tierra de secano» dedicada a «monte bajo», al igual que los sotos cercanos a orillas del Manzanares (Fig. 3). La composición de este monte bajo es desconocida, aunque aún puede deberse a las «matas tarays, y otras para leña» descritos en el Catastro de

Ensenada. A orillas del río Jarama, a unos 6 km de Casa Eulógio, se encuentran importantes áreas designadas como «*alamedas*». En 1925, la olmeda aparece en la cartografía como «*soto arbolado*», a diferencia de zonas cercanas designadas únicamente como «*sotos*». En este momento puede suponerse la olmeda con una apariencia similar a la actual, con portes arbóreos resultado de un posible abandono del aprovechamiento de monte bajo.

Con el fin de determinar la edad de los pies de la olmeda, y sus pautas de crecimiento, en el año 2002 se realizó un estudio dendrocronológico para el que se recogieron y analizaron testigos cilíndricos radiales de madera, extraídos mediante barrena de Pressler, en 17 ejemplares seleccionados de manera uniforme y aleatoria dentro de la masa (Martín y Gil, 2003). El análisis de los cores sitúa la edad de los pies entre los 55 y los 65 años (Tabla 1), lo cual parece indicar que los pies actuales se originaron a principios de los años 40 del siglo anterior. ¿Cómo se interpreta este resultado? Por un lado, los actuales pies pueden proceder de un rebrote de raíz tras una corta que eliminara los pies entonces existentes. La zona objeto de estudio se encontraba en el frente durante la Guerra Civil Española (1936-1939), concretamente durante la Batalla del Jarama (6 a 28 de febrero de 1937), y a consecuencia de las operaciones



**Figura 3.** Mapa del Instituto Geográfico Nacional del año 1875. La zona hoy ocupada por la olmeda (dentro del círculo) se describe como «tierra de secano» dedicada a «monte bajo».

militares efectuadas en esta época la olmeda pudo verse sometida a una fuerte intervención. Otra interpretación, y no necesariamente incompatible con la anterior, es que el rebrote se originara tras la muerte parcial de la parte aérea de los olmos tras la entrada en España de la grafiosis, que tuvo lugar en los años 30 (Martínez, 1932). Tampoco puede descartarse la posible implantación artificial de la olmeda tras la Guerra Civil.

Con el fin de determinar los cambios en la cobertura arbórea, se realizó un seguimiento a través la secuencia de fotografías aéreas correspondientes a los años 1956, 1968, 1975, 1984 y 1998, marcándose los árboles desaparecidos entre cada dos fotografías (Martín y Gil, 2003). Entre 1998 y 2005, el seguimiento se realizó mediante inventarios anuales pie a pie en los que se midió el diámetro a 1,30 m del tronco de los pies y su altu-

**Tabla 1.** Resultados del estudio dendrométrico realizado en enero de 2002 sobre 17 ejemplares de *Ulmus minor* en Rivas-Vaciamadrid (Madrid)

	Árbol																
	21	41	38	303	296	175	54	253	19	68	187	81	176	83	122	240	295
Diámetro normal (cm)	31,1	51,2	59,2	60,7	54,3	47,6	49,6	51,8	50,3	65,8	53,2	66,7	82,8	54,5	75,5	97,5	80
Altura (m)	18,6	18,2	18,5	18,1	17,5	13,5	21,2	19,8	17,6	24,1	22,1	18,8	21,6	19,6	22,6	23,5	22,6
Edad estimada en 2002	60	64	63	55	62	61	55	63	62	65	60	>54	>45	53	>42	>40	>40
Crecimiento medio 5 primeros anillos (mm/año)	3,8	4,2	6,9	2,8	7,8	5	8	9	10,2	3,9	5,3	—*	—	8	—	—	—
Crecimiento medio 30 últimos anillos (mm/año)	2	2,5	2,9	3	4,3	5	2,9	3,6	3,8	3,9	4	5	5,2	5,4	6,8	7,2	8,5
Sexo fenotípico**	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

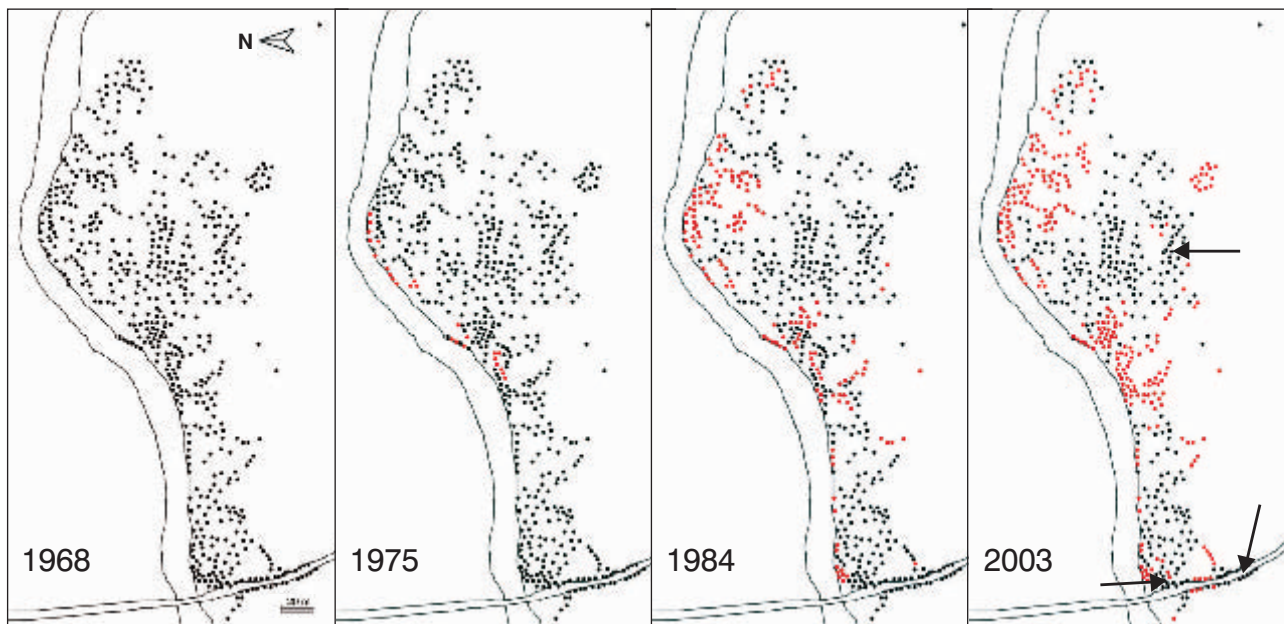
\* Los cores no incluyeron los cinco primeros anillos. \*\* C, árbol cosexual, que dispersa cantidades normales de polen y un sustancial número de semillas; A, árbol abortante, que dispersa cantidades normales de polen, pero presentan una elevada esterilidad femenina.

ra. A partir de este análisis se puede deducir que en 1956 existía una masa joven, con pies que, según los resultados del citado estudio dendrocronológico, tendrían alrededor de 15 años (Fig. 4). Entre ese año y 1975 desaparecen una veintena de árboles junto al margen del río, tal vez debido a cambios en el cauce o a la realización de algún tipo de obra en los márgenes. Entre 1975 y 1984 se observa una considerable pérdida de pies, alrededor de un 25% de la masa inicial. El hecho de que la desaparición de árboles se observe en zonas uniformes sugiere la posibilidad de la entrada de la grafiosis, detectada en el verano de 1981 a sólo 33 km. Entre 1984 y 1998 continua la pérdida de árboles, desapareciendo alrededor de un 20% de la masa inicial en zonas próximas a las anteriores desapariciones, quedando en la actualidad dos grandes áreas desprovistas de arbolado. Entre 1998 y 2005 han desaparecido 45 árboles, observándose en la olmeda síntomas de grafiosis agresiva. En la actualidad quedan aproximadamente 270 ejemplares asintomáticos.

## Biología reproductiva

Con el fin de determinar la contribución relativa de los distintos ejemplares de la olmeda a la reproducción

por vía masculina o femenina, se determinó el sexo fenotípico de 71 pies de la olmeda. Esta caracterización se realizó atendiendo a la fórmula  $G_i = g_i / (g_i + a_i E)$ , donde  $g_i$  es el número medio de semillas por flor,  $a_i$  es el número medio de flores estaminadas por flor, y  $E = \Sigma g_i / \Sigma a_i$  representa la contribución relativa esperada entre las unidades reproductivas femeninas y masculinas de la población (Lloyd, 1980). Los olmos de Casa Eulogio pertenecen a dos categorías diferentes en función de su comportamiento reproductor: árboles cosexuales y árboles funcionalmente masculinos (López-Almansa, 2002). El carácter funcionalmente masculino tiene su origen no en las características florales de los pies, pues en todos los casos las flores son morfológicamente hermafroditas, sino en la presencia de un aborto generalizado de la semilla que hace que la sámara sea vana (López-Almansa *et al*, 2004). En los pies cosexuales, aunque puede haber un cierto número de semillas que no completan su desarrollo, este aborto no es generalizado y, por tanto, la mayor parte de las sámaras están semilladas. Como consecuencia de todo ello, los pies funcionalmente masculinos pueden reproducirse exclusivamente a través del polen, frente a los pies cosexuales que se reproducen tanto a través del polen como de la producción de semilla.



**Figura 4.** Evolución de la desaparición de pies en la olmeda de Rivas-Vaciamadrid. Los puntos negros (●) se corresponden con pies vivos y los puntos rojos (●) con pies desaparecidos. La situación de los tres focos de infección presentes en el año 2004 se indica con flechas.

De 71 árboles estudiados en Casa Eulogio, 55 individuos se comportaron como funcionalmente masculinos, por presentar una relación *sámara semillada/flor* muy baja (inferior al 0,02) o, en el caso de 22 de ellos, nula (López-Almansa *et al.*, 2003). Los estudios genéticos realizados con posterioridad (ver más adelante) han mostrado que estos pies masculinos pertenecen a únicamente dos clones estrechamente relacionados, que se encuadran dentro de *Ulmus minor* var. *vulgaris* y que no tienen origen español. Por el contrario, los 16 pies claramente cosexuales se encuentran mucho más diversificados genéticamente, perteneciendo a al menos 10 genotipos distintos.

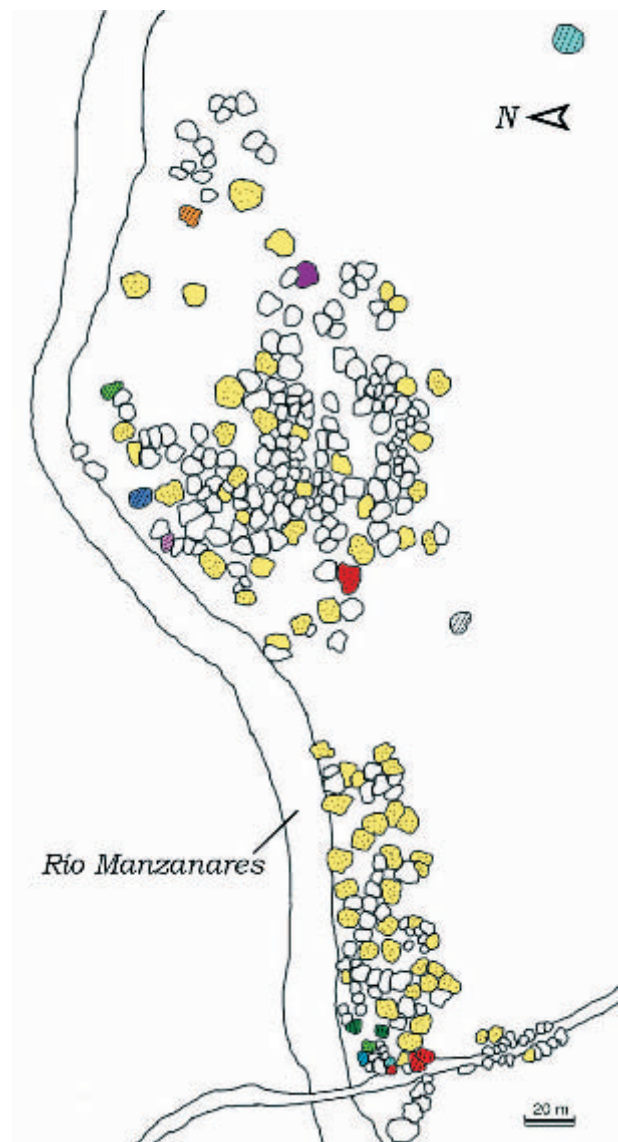
Resulta igualmente muy llamativo que los pies abortantes se sitúen en la zona central de la olmeda, mientras que los cosexuales se sitúan en la periferia (Fig. 5). Esto sugiere que la propagación en la zona central ha sido fundamentalmente por vía vegetativa, mientras que en los márgenes la regeneración ha tenido su origen principalmente en semillas que, probablemente, han llegado allí con posterioridad arrastradas por el viento o el agua. Apoya esta hipótesis el hecho de que en la olmeda se observa que los pies abortantes son significativamente más altos ( $21,50 \pm 0,42$  m; media  $\pm$  DE) que los individuos cosexuales ( $16,04 \pm 0,81$  m) ( $P < 0,001$ ) y que presentan un crecimiento diametral mayor ( $5,1 \pm 0,4$  y  $3,2 \pm 0,6$  mm/año, respectivamente;  $P < 0,05$ ) (Tabla 1), lo que sugiere que los pies abortantes pueden destinar una mayor inversión en crecimiento vegetativo que los cosexuales (López-Almansa *et al.*, 2003).

## Taxonomía y caracterización genética

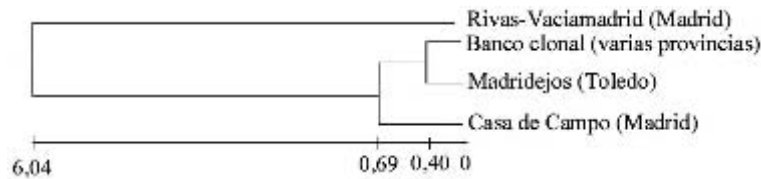
En el año 2003 se realizó un estudio taxonómico de la olmeda en 15 pies con esterilidad femenina, y en 12 pies cosexuales. Los olmos fueron clasificados atendiendo a la morfología foliar (Richens, 1983), de modo que se agruparon en tres grupos: (i) similar a *U. minor* var. *vulgaris*, (ii) similar a *U. minor* var. *minor*, y (iii) de morfología intermedia, considerado como *U. minor sensu lato*. Los árboles con esterilidad femenina pertenecieron al primer tipo foliar, mientras que los cosexuales pertenecieron a los tipos segundo y tercero.

La variabilidad genética de 83 pies de la olmeda se analizó, en un primer momento, mediante isoenzimas (Dacasa *et al.*, 2003). El análisis dio como resultado la existencia de al menos 13 genotipos (Fig. 5), de los cua-

les 2 se corresponden con pies con esterilidad femenina (pies masculinos) y 9 con pies cosexuales. Un último genotipo fue identificado en dos árboles distantes, uno de los cuales es masculino y el otro cosexual, lo que parece sugerir que en realidad se trata de genotipos distintos que no han podido ser discriminados con el estudio isoenzimático realizado. De los 83 árboles caracterizados, 67 pertenecen a uno de los dos genotipos de árbo-



**Figura 5.** Distribución de 13 genotipos determinados mediante análisis de isoenzimas en la olmeda de Rivas-Vaciamadrid. Cada color representa un genotipo. Los árboles cosexuales aparecen rayados (⊙), los árboles masculinos aparecen con puntos negros (⊙), y los no estudiados aparecen en color blanco (○).



**Figura 6.** Dendrograma basado en la matriz de distancias de Nei (1973) y construido según el algoritmo UPGMA, para cuatro poblaciones de olmos.

les abortantes. Los resultados fueron comparados con los obtenidos por Cogolludo *et al.* (2000) en dos poblaciones de *U. minor* (Madridejos, Toledo, y Casa de Campo, Madrid), y en el banco clonal de olmos del Centro Nacional de Mejora Genética Forestal Puerta de Hierro, Madrid. La población de Rivas-Vaciamadrid se sitúa claramente separada de las otras poblaciones estudiadas (Fig. 6), debido principalmente a dos nuevos alelos que presenta.

Los dos genotipos mayoritarios de la olmeda, identificados mediante análisis de isoenzimas, fueron a su vez analizados mediante marcadores moleculares de ADN de cloroplasto (Fuentes-Utrilla, 2002). El estudio mostró la existencia de dos haplotipos (h1 y h2) que coinciden con los dos haplotipos más comunes hallados para el resto de las poblaciones de olmos españolas (Fuentes-Utrilla, 2002). El genotipo mayoritario en la olmeda, obtenido también en el análisis de isoenzimas, pertenece al haplotipo h2, de origen italiano. La clonalidad observada entre los individuos del genotipo mayoritario, condujo a la puesta a punto de marcadores moleculares de ADN nuclear, con objeto de poder evidenciar con mayor precisión las relaciones de parentesco entre los individuos de la olmeda (Collada *et al.*, 2004). Al aplicar este tipo de marcadores a individuos procedentes de toda España, se observó que los olmos de Rivas eran idénticos genéticamente a muchos otros ejemplares, confirmándose que estas copias derivan de un único árbol y que constituyen un clon con más de dos mil años de antigüedad (Gil *et al.*, 2004). Este clon se encuentra, además de en Rivas-Vaciamadrid, en olmedas de Lugo, León, Castellón, Ciudad Real e, incluso, en Inglaterra. Probablemente este árbol se corresponde con el denominado por Columela olmo *Atinio*, y constituye la base del *U. minor* var. *vulgaris* (= *Ulmus procera*), ampliamente utilizado como soporte de las vides en los primeros siglos de nuestra era (Fuentes-Utrilla *et al.*, 2004). *Ulmus minor* var. *vulgaris* posee el ha-

plotipo h2, el más abundante de los encontrados en las poblaciones ibéricas de olmos, y se caracteriza por propagarse de manera vegetativa y por ser muy susceptible a la grafiosis.

## Estudio fitosanitario

Desde el año 2001 se ha realizado un seguimiento anual de los árboles sintomáticos de grafiosis. En todos los olmos con evidencia de haber muerto por la enfermedad se encontraron numerosas mordeduras de escolítidos en las horcaduras de los ramillos. En ramas de más de 3 cm de diámetro también aparecieron galerías reproductivas. En los últimos años se ha observado un incremento en el número de pies afectados por la grafiosis, como indica el hecho de que, de los 41 árboles afectados desde 2001, 21 son infecciones de 2004. Estas nuevas infecciones aparecen generalmente en árboles contiguos a los que ya padecían grafiosis en años anteriores. En 2004 se observaron 24 olmos con marchitamientos cercanos al 100%, o secos por completo, y otros 12 con más del 50% de la copa afectada.

Se identifican principalmente tres focos de infección (Fig. 4). El primero lo constituyen árboles situados en las inmediaciones del camino de acceso a la finca. El segundo foco se encuentra en el mismo camino, separado unos 50 m del anterior, y el tercero se sitúa en la zona de mayor densidad de árboles (Fig. 7). Una alineación de olmos situada al suroeste de la olmeda (Fig. 2) supone un foco adicional de infección continuo, ya que presentan grafiosis y están completamente colonizados por escolítidos. Sería aconsejable el saneamiento de los focos y de dicha alineación mediante la corta de los pies afectados (González *et al.*, 2003).

La transmisión de la grafiosis dentro de la olmeda se está produciendo de dos formas: vía escolítidos y por contacto radicular. Los ejemplares infectados al otro



**Figura 7.** Foco de infección situado en la zona de mayor densidad de pies de la olmeda.

lado del río probablemente hayan contraído la enfermedad vía escolítidos, ya que son pies que se encuentran alejados de los principales focos de infección. Para evitar que la población de escolítidos siga aumentando e infectando nuevos pies, sería necesaria la eliminación de los restos del apeo mediante quema, trituración, enterramiento o descortezado de las trozas. Esta tarea debería realizarse antes del mes de abril que es cuando se produce el vuelo de la generación invernante en Madrid (López-Almansa *et al.*, 2000). La proximidad de los árboles en los focos de infección sugiere que la enfermedad también se extiende a través de posibles interconexiones de los sistemas radicales. Dado que buena parte de la olmeda está formada por un único genotipo, la propagación del mismo, vía vegetativa a través de rebrotes de raíz, implicaría unas conexiones radiculares entre ejemplares que podrían dificultar cualquier intento de control del avance de la enfermedad. Por este motivo, sería conveniente la destrucción de las raíces-puente mediante la apertura de zanjas que serían posteriormente tapadas (González *et al.*, 2003).

En los árboles afectados se recogieron muestras de ramillos con el fin de aislar el hongo de la grafiosis. Se obtuvieron un total de 5 aislamientos, de los cuales, a partir de su morfología y crecimiento, 2 fueron identificados como *Ophiostoma novo-ulmi* y 3 resultaron dudosos entre *O. novo-ulmi* y *O. ulmi*. La caracterización de los hongos aislados mediante RAPDs (Hoegger *et al.*, 1996) ha confirmado que 2 de las 5 cepas aisladas se corresponden con *O. ulmi* (Solla *et al.*, 2006). Esta

circunstancia sitúa a la olmeda en un estado epidemiológico muy incipiente, tal y como se daba en otras olmedas hace 15-20 años cuando la presencia de esta cepa no agresiva era predominante. La presencia de *O. ulmi* en la olmeda probablemente ralentiza la tasa de mortalidad e induce resistencia a los olmos todavía vivos (Hubbes y Jeng, 1981). Actualmente se barajan ésta y otras hipótesis para explicar la supervivencia de la olmeda ante la grafiosis. El estrés hídrico durante un periodo de tiempo concreto (a finales de invierno o a principios de primavera, principalmente) genera resistencia frente al hongo (Solla y Gil, 2002a), y cualquier otro factor que produzca un crecimiento de los vasos del xilema menor al habitual también genera resistencia (Solla y Gil, 2002b; Solla *et al.* 2005a). Estas circunstancias podrían darse también ante la aplicación continuada de un producto ligeramente fitotóxico (aguas residuales, herbicidas, etc.), o ante la acción repetida de una plaga o enfermedad secundaria.

Entre otras plagas o enfermedades existentes en la olmeda, destaca la presencia de exudaciones en la mayor parte de los árboles de la olmeda. Aunque no se han realizado aislamientos, los signos observados coinciden con los manifestados por olmos ante la enfermedad conocida como «cancro rezumante» o «wetwood» (Solla y Cobos, 2003). Diversas bacterias han sido descritas como posibles causantes de esta enfermedad, que se suele manifestar en heridas, frecuentemente como consecuencia de podas (Murdoch y Campana, 1983). Por último, también se ha detectado la presencia de *Xanthogaleruca luteola*, *Gossyparia spuria*, y *Aceria ulmicola*, sin observarse daños de consideración.

## Conclusiones

La olmeda de Rivas-Vaciamadrid, por el elevado número de árboles de grandes dimensiones que comprende, constituye un caso excepcional. Su supervivencia a la grafiosis se ha producido dentro de un área totalmente devastada por la enfermedad. Es por ello un elemento de alto valor histórico y natural, de gran singularidad para el estudio de los olmos y la grafiosis en un ambiente próximo al de sus manifestaciones espontáneas. Los datos históricos no permiten determinar su origen, si bien el análisis genético indica la existencia en la olmeda de pies de origen italiano (*U. minor* var. *vulgaris*). Estos pies son funcionalmente masculinos, mientras que el resto de los árboles, de origen ibérico, son cose-



xuales. El estudio dendrocronológico sugiere que los pies abortantes puedan destinar una mayor inversión en crecimiento vegetativo que los cosexuales. En la supervivencia de esta olmeda posiblemente estén implicados factores de tipo ambiental que desencadenan los mecanismos de defensa de los olmos, si bien no se puede descartar la resistencia genética de alguno de los genotipos presentes. La susceptibilidad a la grafiosis de algunos clones se conocerá en breve, tras su inoculación artificial en parcelas controladas (Solla *et al.*, 2005b). El esclarecimiento de los posibles factores de resistencia en la olmeda es objeto de investigación en curso, y para ello se están aplicando técnicas novedosas (Martín *et al.*, 2005). Dado el estado fitosanitario actual de la olmeda, es recomendable la revisión periódica y la actuación sobre los focos de grafiosis detectados con el fin de evitar una mayor propagación de la enfermedad y la consecuente desaparición de esta valiosa formación.

## Agradecimientos

Muchas personas han colaborado activamente en este trabajo, en otras Alejandro Cabrera, M.<sup>a</sup> del Carmen Dacasa, Pablo Fuentes-Utrilla, David López, y Daniel González. Deseamos agradecer la colaboración prestada desde el Servicio de Protección Contra Agentes Nocivos (Ministerio de Medio Ambiente) en la revisión fitosanitaria de la olmeda. El trabajo se ha realizado en el marco de un convenio entre la Dirección General para la Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente), y la Escuela de Ingenieros de Montes (Universidad Politécnica de Madrid).

## Referencias bibliográficas

- ALLUÉ J. L., 1990. Atlas Fitoclimático de España. Madrid, Monografías INIA n.º 69.
- BRASIER C.M., BUCK K., PAOLETTI M., CRAWFORD L., KIRK S., 2004. Molecular analysis of evolutionary changes in populations of *Ophiostoma novo-ulmi*. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 13: 93-103.
- CABRERA A., 2001. Inventario, caracterización y evaluación fitosanitaria de la olmeda de «Casa Eulogio» (Rivas Vaciamadrid, Madrid). Proyecto Fin de Carrera. Escuela de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
- COLLADA C., FUENTES-UTRILLA A., GIL L., CERVERA M. T., 2004. Characterization of microsatellite loci in *Ulmus minor* Miller and cross-amplification in *U. glabra* Hudson and *U. laevis* Pall. *Molecular Ecology Notes* 4: 731-732.
- COGOLLUDO-AGUSTÍN M.A., AGÚNDEZ D., GIL L., 2000. Identification of native and hybrid elms in Spain using isozyme gene markers. *Heredity* 85: 157-166.
- DACASA M.C., AGÚNDEZ D., GIL L., 2003. Characterisation of the genetic diversity of an elm stand in the Southwest Regional Park, Rivas (Madrid). Comunicación en panel. Second International Elm Conference. Valsain, Segovia, 20-23 Mayo 2003. Resumen en actas, p. 79.
- FUENTES-UTRILLA P., 2002. Análisis de la variabilidad genética de *Ulmus minor* Mill. y *U. glabra* Huds. mediante marcadores moleculares de ADN de cloroplasto en la Península Ibérica. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- FUENTES-UTRILLA P., LÓPEZ-RODRÍGUEZ R.A., GIL L., 2004. Historical relationship of elms and vines. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 13: 7-15.
- GIL L., LÓPEZ R.A., GARCÍA-NIETO M.E., 2003. Historia de los olmos en la Península Ibérica. En: Los Olmos Ibéricos. Conservación y Mejora Frente a la Grafiosis (ed. Gil, L., Solla, A. e Iglesias, S.), Parques Nacionales, Madrid. 69-114.
- GIL L., FUENTES-UTRILLA P., SOTO A., CERVERA M.T., COLLADA C., 2004. English elm (*Ulmus procera*) is a 2,000-year-old Roman clone. *Nature* 431: 1035.
- GONZÁLEZ R., GÁZQUEZ P., PAJARES J.A., 2003. El control de la grafiosis del olmo: su aplicación en las olmedas de la Alhambra. En: Los Olmos Ibéricos. Conservación y Mejora Frente a la Grafiosis (ed. Gil, L., Solla, A. e Iglesias, S.), Parques Nacionales, Madrid. 283-310.
- HOEGGER P.J., BINZ T., HEINIGER U., 1996. Detection of genetic variation between *Ophiostoma ulmi* and the NAN and EAN races of *O. novo-ulmi* in Switzerland using RAPD markers. *European Journal of Forest Pathology* 26: 57-68.
- HUBBES M., JENG R.S., 1981. Aggressiveness of *Ceratocystis ulmi* strains and induction of resistance in *Ulmus americana*. *European Journal of Forest Pathology* 11: 257-264.
- LLOYD D.G., 1980. Sexual strategies in plants. III. A quantitative method for describing the gender of plants. *New Zealand Journal of Botany* 18: 103-108.
- LÓPEZ-ALMANSA J.C., 2002. Biología de la reproducción en *Ulmus minor* Mill. y sus híbridos en España. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- LÓPEZ-ALMANSA J.C., SOLLA A., MENÉNDEZ Y., IGLESIAS S., GIL L., 2000. Escolítidos vectores de la grafiosis en Puerta de Hierro (Madrid) y Valsain (Segovia) durante el periodo de 1996-99. *Ecología* 14: 211-217.
- LÓPEZ-ALMANSA J.C., PANNELL J.R., GIL L., 2003. Female sterility in *Ulmus minor* (*Ulmaceae*): a hypothesis invoking the cost of sex in a clonal plant. *American Journal of Botany* 90: 603-609.

- LÓPEZ-ALMANSA J.C., YEUNG E.C., GIL L., 2004. Abortive seed development in *Ulmus minor* (*Ulmaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society* 145: 455-467.
- MARTÍN J.A., GIL L., 2003. Historical evolution of Rivas-Vaciamadrid elm stand. Comunicación en panel. Second International Elm Conference. Valsaín, Segovia, 20-23 Mayo 2003. Resumen en actas, p. 22.
- MARTÍN J.A., SOLLA A., WOODWARD S., GIL L., 2005. FT-IR spectroscopy as a new method for evaluating host resistance in the Dutch elm disease complex. *Tree Physiology* 25: 1331-1338.
- MARTÍNEZ J., 1932. La grafiosis del olmo. *Montes e Industrias* 19: 499-503.
- MURDOCH C.V., CAMPANA R.J., 1983. Bacterial species associated with wetwood of elm. *Phytopathology* 73: 1270-1273.
- NEI M., 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 70: 3321-3323.
- RICHENS R.H., 1983. Elm. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROBREDO F., 1980. Aparición de un foco de la grafiosis del olmo (*Ceratocystis ulmi*) en San Sebastián. Servicio de Defensa de Plagas (no publicado).
- SOLLA A., GIL L., 2002a. Influence of water stress on Dutch elm disease symptoms in *Ulmus minor* Miller. *Canadian Journal of Botany* 80: 810-817.
- SOLLA A., GIL L., 2002b. Xylem vessel diameter as a factor in resistance of *Ulmus minor* to *Ophiostoma novo-ulmi*. *Forest Pathology* 32: 123-134.
- SOLLA A., COBOS P., 2003. Otras plagas y enfermedades de los olmos. En: Los Olmos Ibéricos. Conservación y Mejora Frente a la Grafiosis (ed. Gil, L., Solla, A. e Iglesias, S.), Parques Nacionales, Madrid. 355-377.
- SOLLA A., MARTÍN J.A., CORRAL P., GIL L., 2005a. Seasonal changes in wood formation of *Ulmus pumila* and *U. minor* and its relation with Dutch elm disease. *New Phytologist* 166: 1025-1034.
- SOLLA A., BOHNENS J., COLLIN E., DIAMANDIS S., FRANKE A., GIL L., BURÓN M., SANTINI A., MITTEMPERGER L., PINON J., VANDEN BROEK A., 2005b. Screening European elms for resistance to *Ophiostoma novo-ulmi*. *Forest Science* 51: 134-141.
- SOLLA A., DACASA M.C., NASMITH C., HUBBES M., GIL L., 2006. Genetic analysis of the Spanish population of *Ophiostoma ulmi* and *O. novo-ulmi* using RAPD markers. Enviado a Plant Pathology.