

# CONSIDERACIONES SOBRE LA SITUACION ACTUAL Y EVOLUCION DE LA GRAFIOSIS DEL OLMO, *Ophiostoma novo-ulmi*, EN LA ALHAMBRA Y EL GENERALIFE (GRANADA, 1997)

R. GONZÁLEZ RUIZ<sup>1</sup>, P. GÁZQUEZ<sup>2</sup> & J.A. PAJARES<sup>3</sup>

## RESUMEN

Desde su irrupción, a comienzos de la década de los 80, el agente causante de las grafiosis agresiva, *Ophiostoma novo-ulmi*, ha provocado la muerte de la mayor parte de los olmos españoles. En los bosques de la Alhambra y el Generalife, un programa de control integrado está siendo aplicado desde que fuera detectada la raza norteamericana, NAN, en la primavera de 1994. Entre los elementos destinados al control de los vectores (*Scolytus scolytus* y *S. multistriatus*), destacan el saneamiento, la monitorización de poblaciones mediante el uso de trampas de interceptación de vuelo cebadas con feromonas sintéticas, la cría masiva y liberación de sus enemigos naturales (himenópteros parasitoides), y la protección de las copas mediante derivados piretroides. Entre los elementos preventivos de este programa, se procede al aislamiento de los sistemas radiculares de los olmos adyacentes, mediante la apertura de zanjas, además de la inyección de fungicidas. Entre los elementos más recientemente introducidos, destaca la aplicación experimental de un programa de inducción de resistencia contra la enfermedad mediante la utilización de *Verticillium dahliae* (WCS850). Las medidas terapéuticas incluyen la periódica observación de las copas, y la eliminación de ramas afectadas. En este trabajo se describe la dinámica de la enfermedad desde 1994, y se discute la influencia que factores externos, tales como la proliferación de focos en zonas urbanas adyacentes, principalmente a partir de 1996, están provocando en la eficacia del programa. Se propone la creación de un área-cinturón alrededor de la zona de control, en la que se aplicarían una serie de medidas complementarias, las cuales son especificadas.

**Palabras clave:** bosque de La Alhambra, grafiosis del olmo, control integrado, control biológico, *Scolytus multistriatus*, *Ophiostoma novo-ulmi*.

## INTRODUCCION

Desde su aparición, a principios de siglo, la «grafiosis», o «enfermedad del olmo holandés» ha provocado la desaparición de centenares de millones de olmos en Europa, Asia y Norteamérica (SVIRA, 1980; PAJARES ALONSO & ARÉVALO, 1987; LANIER, 1990; GIL SÁNCHEZ, 1990; BRA-

SIER, 1990, 1991; BRASIER & MEHROTRA, 1995). La primera de las dos pandemias registradas hasta la actualidad fue desencadenada por la especie *Ophiostoma ulmi*, y comenzó en el Noroeste Europeo alrededor de 1910, extendiéndose hacia el Este hasta Asia Central y hacia el Oeste hacia Gran Bretaña y Norteamérica. La pandemia actual está causada por las razas EAN y NAN de la especie *Ophiostoma novo-ulmi* (BRASIER, 1991). Según el citado autor, ésta probablemente aparecería primero en su forma EAN, en un lugar situado entre Moldavia y Ucrania durante los años cuarenta. Desde aquí se produciría posteriormente su rápida expansión hacia el oeste, a través de Europa, y hacia el este hasta Asia Central. Esta también aparecería en Norteamérica, pero en su raza NAN, la cual fué pos-

<sup>1</sup> Dpto. Biología Animal, Vegetal y Ecología de la Universidad de Jaén. C/ Paraje «Las Lagunillas» s/n. E-23071 Jaén.

<sup>2</sup> Servicio de Conservación. Patronato de La Alhambra y Generalife. C/ Real de la Alhambra, s/n. Granada.

<sup>3</sup> Dpto. de Producción Vegetal y Silvopascicultura. ETS de Ingenierías Agrarias. Avda. Madrid 57. E-34004 Palencia.

teriormente reintroducida en Europa, a través de Gran Bretaña. De acuerdo con el citado autor, la hipótesis sobre el origen chino de la enfermedad ha sido recientemente descartada, y las recientes investigaciones apuntan a que ésta pueda ser debida a una hibridación producida entre *O. ulmi* y otra especie de *Ophiostoma*, tal como *O. piceae*, (BRASIER, 1990), o bien con el recientemente descubierto *O. himal-ulmi* en el Himalaya (BRASIER & MEHROTRA, 1995).

La asociación vector-patógeno se efectúa en aquellos árboles cuyo floema ha sido colonizado por el micelio del hongo, y que han sido utilizados por los escolítidos para su reproducción. Durante el ciclo anual de la enfermedad, el hongo existe en dos fases distintas (IPINZA *et al.*, 1990): una patogénica en la cual se lleva a cabo su propagación por el xilema del árbol hospedador, provocando su muerte, y otra saprófita en la que se alimenta del floema del árbol muerto, y durante la cual entra en contacto con las galerías de reproducción de los escolítidos vectores, *Scolytus scolytus* y *S. multistriatus* (FRANSEN & BUISMAN, 1935; PAJARES ALONSO, 1987). Durante su vuelo de dispersión, los nuevos adultos efectúan mordeduras en los brotes y en las pequeñas horcaduras de las ramas más altas de la copa, lo que permite la formación de nuevas infecciones. Una vez germinan, el micelio se extiende con gran rapidez hacia las ramas de mayor diámetro y tronco del árbol, provocando su progresivo debilitamiento, como consecuencia de la obstrucción de los vasos del xilema, conjuntamente por la producción de sustancias tóxicas, como la ceratoulmina (IPINZA *et al.*, 1990). Del olmo, debilitado por la progresión del patógeno, se desprenden volátiles específicos que desencadenan una atracción de los escolítidos vectores; inicialmente llegan los individuos pioneros, (hembras en el caso de *S. multistriatus*, y machos, en el caso de *S. scolytus*) los cuales liberan feromonas de agregación, que atraerán y concentrarán el ataque masivo de individuos de ambos sexos (WOOD, 1982), lo que a su vez contribuirá a acelerar la muerte del olmo enfermo.

El primer síntoma de la enfermedad, consiste en el ocasional amarilleamiento y la epinastia de las hojas (IPINZA *et al.*, 1990), que en caso de infección por vía aérea inicialmente afecta sólo a alguna de las ramas más altas de la copa del árbol, mientras que en el caso de infección por raíz se

observa únicamente una epinastia que comienza a ser apreciable en las hojas de las ramas más bajas. Posteriormente las hojas se secan y se enrollan hacia el haz, adoptando una coloración rojiza. En el primer caso los síntomas se extienden árbol abajo, afectando por tanto a ramas de mayor diámetro, progresivamente, hasta llegar al tronco y raíces del árbol. En caso de transmisión por vía radicular, los síntomas se extienden con mucha mayor rapidez, afectando en pocos días a las ramas más altas de la copa (principalmente a las situadas en la orientación correspondiente a los haces vasculares por los que se produjo el paso del patógeno). En ambos casos el desarrollo de la infección hace que los síntomas se generalicen, afectando a la mayor parte de la superficie foliar del olmo, cuya muerte se produce por lo general durante la primavera siguiente, o incluso durante el transcurso del verano, dependiendo de varios factores (variedad, edad, estado fisiológico, ataque por escolítidos, presencia de otros parásitos, etc...).

## LA EXPANSION DE LA GRAFIOSIS

En la literatura científica son frecuentes las referencias sobre los devastadores efectos de la grafiosis, tanto en Europa donde ha provocado la práctica desaparición de más del 95% de las olmedas, como en Norteamérica, en donde ha causado la muerte de al menos un centenar de millones de olmos. Estos son antecedentes lo suficientemente demostrativos de lo que supone la grafiosis agresiva.

En lo que respecta a nuestro país, uno de los últimos afectados por la grafiosis agresiva, el despliegue de una serie de medidas preventivas hubiera sido la mejor herramienta para evitar, o al menos limitar los efectos de esta enfermedad, sin embargo, como en el resto de Europa, la introducción de leñas de olmos infectados desde Francia y Portugal, a partir de 1979 (GIL SÁNCHEZ, 1990), ha provocado en un periodo relativamente corto, la desaparición de la mayor parte de nuestras olmedas. En la actualidad éstas se encuentran restringidas a ciertas zonas de Valencia y Andalucía, principalmente. Concretamente, en la provincia de Jaén se citan importantes olmedas que figuran entre las más recientemente afectadas (MONTROYA MORENO, com. pers.). En la

provincia de Granada, la grafiosis fue detectada en 1992 (GIL SÁNCHEZ, com. pers.), y una vez más, su rápida progresión le permitió alcanzar durante el siguiente año los olmos del entorno periurbano, y casi simultáneamente a los del bosque de La Alhambra. En 1995 las olmedas de Granada presentaban ya tasas de infección en ocasiones superiores al 90%, con un valor medio del 17% (DEL. PROV. MEDIO AMBIENTE, GRANADA, 1995).

Los programas de control aplicados no han supuesto garantías de éxito, o al menos hasta ahora, sin embargo es de destacar la consecución en los últimos años de importantes avances científicos que podrían aún proporcionar la posibilidad para la protección de las últimas olmedas Ibéricas.

## LAS OLMEDAS Y LA ALHAMBRA DE GRANADA

La Alhambra de Granada es un monumento Patrimonio de la Humanidad, declarado como tal por la UNESCO, es el monumento más visitado de Europa, y uno de los más visitados y conocidos del mundo. Con ella, sus famosos bosques con la presencia centenaria de olmos que representan una parte esencial de su historia y cultura, como se puede leer en la obra de Washington Irving *Cuentos de La Alhambra*.

Es frecuente que el olmo en Andalucía se denomine «álamo negro» (GIL SÁNCHEZ & GARCÍA-NIETO RIVERO, 1990), y en el caso de La Alhambra, existe constancia documental de que la introducción de los primeros «álamos negros» fuera llevada a cabo durante el mandato del Marqués de Mondejar, en 1641. La siguiente cita data de 1729, cuando se abren los paseos de la Alameda de La Alhambra con motivo de la visita de Felipe V. En el reinado de Fernando VI (1748) se plantan más álamos negros, y se cuenta que en aquella época «había millares de olmos alineados en tres filas que formaban otras tantas avenidas». En 1862, con motivo de la visita a Granada de Isabel II, se plantan más álamos negros, además de otras especies botánicas en La Alhambra. Actualmente se han inventariado más de 36 especies arbóreas (PRIETO FERNÁNDEZ, com. pers.), por lo que las primitivas alamedas, plantadas hace más de 350 años se han visto entremez-

cladas frecuentemente con muchas otras especies arbóreas o arbustivas.

Más de la mitad de las arboledas están compuestas por olmos, generalmente formando corros y alineaciones, manteniendo aproximadamente unos 2.000 ejemplares. Estos suponen una valiosa aportación al patrimonio botánico y cultural de nuestro país, en donde la provincia de Granada, con sus más de 81.000 olmos censados (A.M.A., 1995), constituye uno de los principales últimos reductos de las olmedas ibéricas.

## CONTROL EN LA ALHAMBRA: SINTESIS DE LOS RESULTADOS

Una vez fué detectada la raza norteamericana, durante la primavera de 1994 (J. GARCÍA JIMÉNEZ, Universidad Politécnica de Valencia), se pusieron en marcha, por parte de las autoridades del Patronato de La Alhambra y el Generalife, las iniciativas necesarias para la rápida aplicación de un estricto programa de control integrado (GONZÁLEZ RUIZ & PRIETO FERNÁNDEZ, 1995). Este ha estado basado en el modelo propuesto por PAJARES ALONSO & MARTÍNEZ DE AZAGRA (1990), el cual ha sido convenientemente adaptado a las condiciones particulares de estas olmedas. Debido a la extrema velocidad en la propagación de esta enfermedad, el éxito del programa dependería en buena parte de la rapidez en su aplicación, así como de la adecuada coordinación de las actividades desarrolladas por el personal implicado en la aplicación de los diferentes elementos integrantes del programa.

De acuerdo con el inventario realizado inicialmente (Figura 1), el número total de olmos afectados, hasta finales de 1997, ha sido de 312 (16% del número inicial), de los que 141, 60, 43 y 68 corresponden a los años 1994, 1995, 1996 y 1997 respectivamente. De ellos, aproximadamente el 50% (147 olmos, Figura 2) presentaban diámetros superiores a los 45 cm, lo que supone el 28% de los ejemplares notables.

En el conjunto de los olmos, inicialmente se observa una disminución de la tasa de infección, estadísticamente significativa (Mann-Withney;  $\tau = 20.72$ ;  $p < 0.05$ ), hasta el año 1996 (7.2% para 1994, 3.2% para 1995 y 2.4% para 1996), y posteriormente, se produce un nuevo incremen-

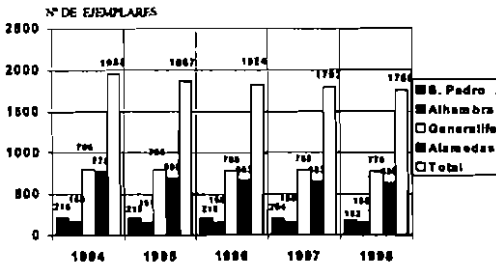


Fig. 1. Distribución de los olmos.

to, igualmente significativo (Kruskall-Wallis,  $t = 7.62$ ;  $p < 0.05$ ) durante 1997 (tasa del 3,6%). Análogamente, en el caso de los olmos de mayor diámetro, las tasas de infección anuales han sido del 17% (1994), del 11% (1995), 3% (1996) y 3.5% (1997).

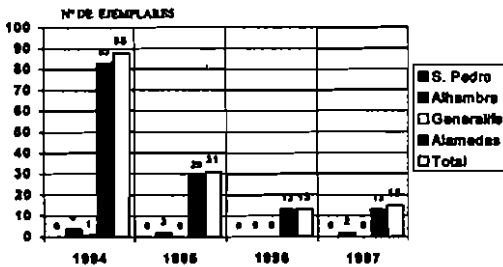


Fig. 2. Olmos notables afectados por grafiosis (1994/97).

El elemento principal del programa de control de la grafiosis tiene como objetivo la retirada y eliminación de los restos de los olmos gravemente afectados. Es este el principal elemento de control (VAN SICKLE & STERNER, 1976), lo que se deduce fácilmente si tenemos en cuenta que un olmo adulto puede producir hasta 500.000 individuos de *Scolytus* spp. potencialmente portadores de la enfermedad. De acuerdo con nuestras observaciones, cuando los síntomas foliares de la enfermedad exceden al 50% de la copa, son frecuentes las galerías de reproducción de *S. scolytus* y/o *S. multistriatus* (GONZÁLEZ, 1995), sin embargo todo olmo debilitado (enfermedad, sequía, etc...), constituye un óptimo material para su reproducción, lo que contribuye de forma significativa al incremento de sus poblaciones

(PAJARES ALONSO, 1987). Ha sido necesario, por tanto el apeo de dichos ejemplares (enfermos o muy debilitados) y su posterior eliminación en un quemadero, si bien es importante tener en cuenta que por peligro de incendio, o con el objeto de su posterior aprovechamiento, los residuos leñosos pueden ser triturados o enterrados, o convenientemente tratadas mediante un insecticida (SCOTT *et al.*, 1975; LANIER *et al.*, 1984). Con objeto de prevenir el contagio de la enfermedad por parte de los insectos vectores, ha sido necesaria la eliminación, hasta finales de 1997, de 200 olmos en total (Figura 3), de los que 88 correspondieron a 1994, 43 a 1995, 39 a 1996 y 30 a 1997. Los porcentajes de mortalidad a que estas cifras corresponden son del 4.5%, para 1994, de un 2.3% para 1995, 1,9 para 1996 y 1.6 para 1997. Entre los notables, el número total de ejemplares abatidos ha sido de 96 (lo que equivale a un 18% de su número inicial), correspondiendo a 64, 17, 12 y 3 olmos respectivamente, en cada uno de los cuatro años de control. Estas cifras corresponden a porcentajes del 12%, 3.7%, 2.7% y 0.7% respectivamente, para los años 1994, 1995, 1996 y 1997.

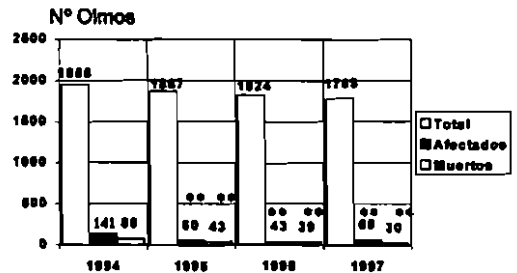


Fig. 3. Olmos afectados y muertos (1994/97).

Entre los elementos del programa de control integrado, la «poda terapéutica» tiene como objetivo la erradicación del patógeno mediante la eliminación mecánica de las zonas afectadas por la lesión (HART, 1970). El éxito de esta medida dependerá del grado de extensión de la lesión en el xilema (CAMPANA, 1978), de lo que se deduce la necesidad de efectuar inspecciones regulares y frecuentes a lo largo del período de vuelo de los escolítidos. El número de olmos afectados por infecciones aéreas ha sido de 199 (84, 47, 12 y 56

respectivamente para los años 1994, 1995, 1996 y 1997), y esta operación ha sido efectuada en 147 ejemplares, afectados por este tipo de transmisión (lo que supone casi el 50% del total de los olmos enfermos detectados en el período 1994/97), de los que 84 ejemplares fueron podados en 1994, 24 en 1995, 6 en 1996 y 33 en 1997.

El éxito de esta medida ha sido, en general de un 70%, siendo del 65%, 80% y 66%, respectivamente en los años 1994, 1995 y 1996. Esto ha supuesto la recuperación de 55, 19 y 4 olmos respectivamente de los podados en 1994, 1995 y 1996 (total de 78 olmos). La eficacia de esta medida, sin embargo, ha sido muy variable, estando en función del porcentaje de superficie foliar afectada por la enfermedad, siendo máxima cuando ésta no excedía de un 10%, lo que está de acuerdo con las indicaciones de CANNON *et al.* (1985).

La propagación de la grafiosis puede producirse de árbol a árbol a través de raíces que conectan los sistemas vasculares de los olmos adyacentes (VERALL & GRAHAM, 1935), interconexiones que son muy frecuentes en las olmedas ibéricas. La transmisión por raíz ha constituido el principal motivo de fracaso de numerosos programas de control (EPSTEIN, 1978), y en el caso de La Alhambra, esta vía de transmisión ha provocado la muerte de aproximadamente el 30%, 80% y 40%, de la mortalidad observada en los años 1995, 1996 y 1997 respectivamente (GONZÁLEZ *et al.*, 1997, en prensa). Uno de los elementos destinados a prevenir este tipo de transmisión es el «desanillado», técnica aplicada a los olmos enfermos antes de ser apeados, y que consiste en la realización de una incisión anular en la parte más baja del tronco, profundizando sobre el xilema funcional. De este modo la progresión del patógeno hasta la raíz se interrumpe, quedando así el hongo confinado en la parte aérea del árbol. Los olmos desanillados suponen importantes cebos para los escolítidos, por lo que en nuestro programa han sido frecuentemente herramientas de gran utilidad para la disminución de sus poblaciones, habiendo sido para ello imprescindible, la realización de periódicas observaciones para estimar la fecha de la emergencia de los escolítidos, y fijar las fechas límite para el apeo y destrucción de los residuos.

La rápida progresión del patógeno hasta las raíces ha limitado con frecuencia el éxito del desanillado, por lo que una medida complementaria, aplicada en la prevención de transmisión radicular, ha sido la «destrucción química de la raíz». La realización de esta operación durante el desanillado permite al herbicida solubilizarse adecuadamente en la savia, y penetrar en la raíz, a la que provoca su muerte, sin riesgo de ser translocado a los olmos vecinos a través de los puentes radiculares, lo que a su vez impide la transmisión de esporas a los olmos sanos. El herbicida utilizado ha sido el ácido tricloro pirinidil oxi-acético, el cual ha sido aplicado a los olmos apeados a partir de 1996. Los resultados, hasta la fecha, indican un nivel de éxito de aproximadamente un 50%.

Otra medida aplicada con el mismo fin ha sido la «destrucción mecánica» de las conexiones radiculares mediante la apertura de zanjas, manualmente o mediante la utilización de pequeñas excavadoras, cuando las circunstancias permiten su utilización. En los años 1994 y 1995 se efectuaron 43 y 63 zanjas, de 50 y 60 cm de profundidad, respectivamente, y de 10 m de longitud media, cuya efectividad fue del 50% al 70%. Si tenemos en cuenta que la transmisión radicular implica, en todos los casos, la rápida e irremediable muerte del árbol afectado, de estos resultados se desprende la necesidad de profundizar aún más en la disrupción mecánica de las raíces. En este sentido, se ha procedido, en los años sucesivos, al incremento del número de zanjas (92 unidades en 1996 y 98 unidades en 1997, de longitud media de entre 7 y 10 m), aumentando su profundidad hasta los 1,5 - 2 m. Será necesario verificar la eficacia de estas medidas durante el año 1998, a la hora de discernir sobre la necesidad de mantener el criterio aplicado. En cualquier caso, en la actualidad se estudia la posibilidad de dotar a las excavadoras utilizadas de implementos específicos que permitan el acceso a niveles inferiores, y asegurar la total desconexión radicular entre los olmos.

La efectividad de esta medida ha supuesto, por una parte, la protección de muchos de los ejemplares próximos a los olmos afectados, sin embargo es de destacar que la rápida progresión del hongo hasta las raíces muy variable a su vez, dependiendo de la época del año en la que se pro-

duzca la transmisión, no ha permitido, frecuentemente, la aplicación de medidas preventivas eficaces.

Los escolítidos asociados al olmo (*Scolytus scolytus*, *S. multistriatus*) representan el principal vehículo de transmisión de la grafiosis, y el único medio natural del cual dispone el patógeno para propagarse entre ejemplares distantes, por lo que el «control de los vectores» constituye el elemento básico del programa de control. Para ello, además del apeo de los olmos enfermos, como se indicó anteriormente, se utilizan diferentes medidas, tales como la «lucha química» mediante la aplicación de insecticidas. Esto se ha llevado a cabo desde tierra y/o desde el aire, en horas de calma atmosférica, con objeto de aumentar el área de cobertura y el poder de penetración en las horcaduras de las copas. Igualmente han sido tratados los tocones de los olmos recientemente apeados, por ser estos importantes reservorios del inóculo, cuyos efectos continúan manifestándose en los nuevos brotes generados durante la primavera del año siguiente a su apeo. Generalmente, se efectúan cuatro aplicaciones anuales, utilizándose derivados piretroides como alfa-cipermetrina (0.3% v/v) o lambda cyhalotrina (0.7% v/v).

Para ajustar las fechas de aplicación de los insecticidas se tienen en cuenta las fenologías de los escolítidos, y de sus parasitoides, para lo que se ha procedido a la «monitorización» de las poblaciones de *S. multistriatus* mediante trampas de interceptación de vuelo, provistas de feromonas sintéticas (PAJARES ALONSO, 1987). Un total de 8 unidades son instaladas cada año en la periferia de las olmedas, y desde el momento de su instalación (mediados de marzo) revisadas semanalmente, lo que permite, además de conocer la variación temporal de los vuelos (Figura 4), y detectar las fechas de inicio y fin de la actividad, ajustar las fechas de aplicación de los diferentes tratamientos, detectar focos de infestación, y comparar densidades de población entre diferentes años (Figura 5). Durante los años 1995, 1996 y 1997, los vuelos de la generación invernante de *S. multistriatus* en Granada se han iniciado durante mediados del mes de marzo (1995, 1996), o a principios de abril (1997), de 10 a 15 días antes del inicio de foliación, y 7 a 10 días después del inicio de la floración. En estos días la temperatu-

ra máxima era superior a 22 °C, y la media oscilaba entre 16 °C y 17 °C, en concordancia con lo indicado para el centro de la Península (PAJARES ALONSO Y GIL SÁNCHEZ, 1990), donde estos suele ocurrir entre los meses de abril y mayo. La emergencia de la primera generación se observa a primeros de junio (1996) o mediados de junio (1995), y hasta finales de octubre, se suceden dos generaciones completas más (2ª y 3ª generación), y una parcial 4ª generación, cuyos descendientes invernan en estadio larvario.

La duración del período de vuelo de dispersión de la generación invernante (y por tanto del inicio de su reproducción) es consecuencia de la diferencia de tiempo transcurrido entre las emergencias de los primeros y últimos individuos, y de las variaciones climatológicas, las cuales se producen frecuentemente durante los meses de abril y mayo, y que estimulan o limitan la capacidad de vuelo y su actividad biológica. Las disminuciones de temperatura pueden retrasar considerablemente la emergencia de buena parte de la generación invernante, lo que conduce frecuentemente a un solapamiento entre generaciones sucesivas.

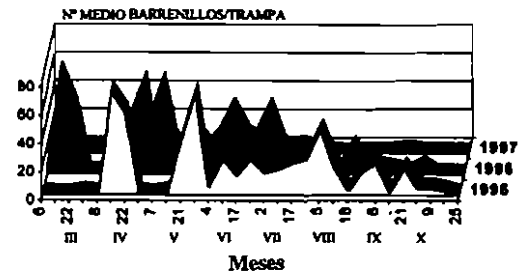


Fig. 4. Curvas de vuelo de *S. multistriatus*.

El tiempo invertido para el completo desarrollo de *S. multistriatus* ha sido de 54-56 días para la primera generación, y de 45-50 días para la segunda y tercera generaciones. Inicialmente (años 1995 y 1996), los mayores índices de capturas se presentaban en las trampas situadas en el interior del recinto (secano 1 y 2, Figura 5), donde se observaban valores en estas un nivel total de capturas cercano a los 1.000 individuos por trampa, y las cifras eran estadísticamente

inferiores en las restantes unidades. A partir de 1996, sin embargo, se experimenta una gran inversión en esta situación, disminuyendo a 176 el número medio total de individuos capturados en las trampas situadas en el interior, y observándose, que en las recogidas efectuadas periódicamente durante la primavera, se producían incrementos 5 a 7 veces superiores a los correspondientes valores para dos años anteriores, siendo estos valores máximos en las trampas situadas en el Generalife, Torre de Comares y Alcazaba. Como medida paliativa a la excesiva proliferación de focos de infestación periféricos observada en las zonas urbanas desde 1996, en 1997 se decidió, entre otras medidas, la supresión de las trampas de vuelo situadas a lo largo del margen norte, procurando con esto limitar, en la medida de lo posible, la atracción de *S. multistriatus*.

corteza de las ramas afectadas, efectuando la oviposición sobre ellas. La cría de cinco de las principales especies de estos parasitoides ha sido efectuada en insectario, utilizando al barrenillo del olivo, *Phloeotribus scarabaeoides*, como un adecuado hospedador de sustitución (GONZÁLEZ, 1990). La proporción correspondiente a las especies criadas ha sido: *Cheirpachus quadrum* (30% - 35%), *Dendrosoter protuberans* (20% - 25%), *Eurytoma morio* (15% - 20%), *Eurytoma aloisifilippoi* (10% - 15%) y *Cerocephala eccoptogastri* (5% - 10%). Los muestreos en las leñas utilizadas indican valores medios de entre 360.000 y 540.000 individuos, parasitoides adultos, emergidos de estas leñas entre 1995 y 1997, que fueron liberados en el entorno forestal de La Alhambra para el control de *S. multistriatus*. La *sex-ratio* de los parasitoides (1:1) y la fecundidad media de las hembras, supone una descendencia estimada equivalente al número de escoltídeos generados en 60 olmos notables. La eficacia de las sueltas efectuadas hasta 1996 se ha evaluado mediante muestreos previos (primavera de 1994) y posteriores a estas (otoño de 1996) sobre material infestado por *S. multistriatus*, y los resultados indican un incremento significativo (ANOVA;  $F = 164$ ;  $p < 005$ ) del porcentaje de parasitismo desde un valor inicial del 6.5% en 1994 ( $SD = 0.92$ ), hasta el 17.5% en 1996 ( $SD = 4.2$ ).

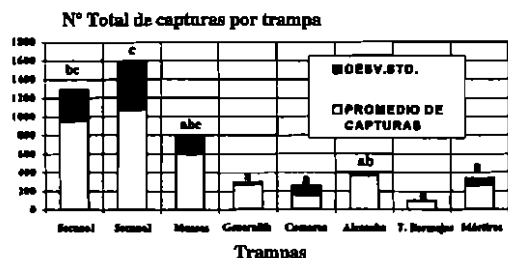


Fig. 5. Capturas de *S. multistriatus* en las trampas de vuelo (años 1995 y 1996).

Para *S. scolytus*, se procede a la colocación de «leñas-cebo», mediante la utilización conjunta de las feromonas sintéticas y leñas, procedentes de olmos recién abatidos, protegidas mediante un insecticida, y colocadas fuera de las olmedas. Los volátiles liberados por las leñas potencian el efecto de las feromonas sintéticas, e incrementan la atracción sobre *S. scolytus*.

Complementariamente, se está llevando a cabo un programa de «control biológico» como medida complementaria en el control de los vectores. Mediante la cría masiva y posterior suelta de himenópteros parasitoides (Supfam. Chalcidoidea), los cuales figuran entre los principales enemigos naturales de los escoltídeos, al ser capaces de detectar los focos de infestación y localizar el emplazamiento de las larvas en desarrollo bajo la

Una de las estrategias frecuentemente utilizadas en el control de enfermedades producidas por hongos consiste en combatir directamente al agente causal, por medio de compuestos de propiedades fungitóxicas o fungiestáticas. El compuesto utilizado ha sido el tiosulfito de tiabendazol, uno de los principales fungicidas sistémicos utilizados para el control de la grafiosis, en casos de una relativamente baja superficie foliar afectada (<10%; GIBBS & DICKINSON, 1975). La administración del fungicida se ha realizado mediante inyección a baja presión. Este tratamiento presenta bastantes inconvenientes, tales como su elevado coste económico, su acción fitotóxica, su periodo de efectividad limitado, la producción de daños e infecciones bacterianas (SHIGO & CAPANA, 1977). A pesar de estos inconvenientes, este tratamiento ha sido aplicado a una población de aproximadamente el 20% de los olmos notables (5% del total), con carácter preferentemente preventivo. El seguimiento de los olmos tratados

durante 1994 y 1995, nos ratifica su nula eficacia en casos de transmisión radicular. En los olmos con síntomas inferiores al 10% de la superficie foliar, que fueron sometidos a poda terapéutica posteriormente inyectados con el fungicida, la tasa de recuperación ha resultado ser considerablemente inferior a la observada en ejemplares de similares características que no fueron sometidos a este tratamiento. Igualmente, hemos de admitir que es muy discutible el efecto protector de este tratamiento a modo preventivo, a la vista de varios ejemplares que han resultado afectados posteriormente al tratamiento. Por estas razones, este elemento fue suprimido del programa a partir de 1996.

De acuerdo con las recientes investigaciones, existe la posibilidad de inducir en los olmos su resistencia a esta enfermedad, mediante la utilización de microorganismos desencadenantes, tales el hongo *Verticillium dahliae*. Esto ha proporcionado la aplicación en 1997, previa verificación de su efectividad en ensayos preliminares realizados en 1996, de un tratamiento experimental en una población de 133 olmos, la mayor parte de ellos de diámetro superior a 45 cm. La descripción del ensayo preliminar, y los resultados del tratamiento experimental, se presentan en el artículo correspondiente, de este mismo volumen (GÁZQUEZ & GONZÁLEZ, 1998).

## DISCUSION

«Existe aún oportunidad de desarrollar programas que integren todos los conocimientos y técnicas disponibles para un control eficaz de la enfermedad» (LANIER, 1990).

Si bien a nivel mundial la historia del control de la enfermedad ha estado acompañada de una mayor parte de fracasos, en ciertos municipios de Europa y Norteamérica, ésta ha sido controlada satisfactoriamente. Esto constituye el detonante para la iniciativa de su control en La Alhambra, si bien en este caso, las características topográficas, la distribución de las olmedas, y la conformación de los olmos, parecen constituir problemas adicionales para superar el difícil desafío que ello supone.

Como se observa en los resultados, a lo largo del período 1994/96 se experimenta una considerable reducción en la intensidad de la enfermedad

en las olmedas de La Alhambra, lo que se manifiesta, por una parte, en el control aceptable de las poblaciones de escolítidos vectores, de acuerdo con los índices decrecientes en las capturas de *S. multistriatus* en las trampas próximas al núcleo central del área de control. Lo cual queda igualmente reflejado en la disminución de la tasa de infección aérea en los olmos del entorno en dicho periodo. Paralelamente, esto estaría relacionado con la disminución de las tasas de mortalidad en los años 1995 y 1996, respecto de las observadas en 1994, tanto en el conjunto de los olmos, como en los notables.

Estos datos demuestran que el adecuado saneamiento, las medidas terapéuticas, la protección de las copas mediante insecticidas, en conjunción con el incremento de las poblaciones de los enemigos naturales, hacen posible mantener un control aceptable de la población de los escolítidos vectores, y por tanto de la transmisión aérea de la enfermedad. Esto será tanto más factible cuanto mayores sean las posibilidades de interceptar los diferentes focos de infestación, lo que implicará la necesidad de efectuar intervenciones a una escala superior a las dimensiones del propio entorno objeto principal de protección.

A partir de 1996, el notable incremento del número de infecciones aéreas en nuestro entorno forestal, sería consecuencia de la proliferación de focos de infestación en las áreas adyacentes. Con objeto de prevenir y limitar, en la medida de lo posible, la repercusión que en nuestro programa de control supondría la existencia de dichos focos durante un periodo indeterminado de tiempo, regularmente se han efectuado observaciones, en la medida en que ello ha sido posible, sobre el estado fitosanitario de los ejemplares situados en áreas urbanas de las inmediaciones del Generalife y Bosque de S. Pedro. En relación con la evolución de esta enfermedad en La Alhambra, pudimos comprobar una serie de acontecimientos de repercusión importante en diferentes zonas, tales como jardines de colegios situados en el Albayzín, en los que la enfermedad habría comenzado a afectar a los olmos, al menos, desde 1994, muriendo la gran mayoría hasta el año 1996. En este lugar, de acuerdo con las indicaciones del personal de mantenimiento, se emprendieron intentos durante el verano de 1994 para controlar la enfermedad. Las medidas adoptadas consis-



tieron fundamentalmente en la inyección de fungicidas, así como en el apeo de los ejemplares en erapas terminales de la enfermedad. Contrariamente a lo que hubiese sido de esperar, las leñas resultantes de los apeos efectuados, permanecieron almacenadas *in situ*, para su aprovechamiento posterior, lo que conjuntamente con la ausencia del adecuado tratamiento a los tocones, contribuyó a la proliferación de las poblaciones de los escolítidos portadores. Debido a la gran cantidad de material infestado, los intentos emprendidos no sólo resultaron totalmente fallidos, sino que proporcionaron la aparición de importantes focos de infección.

Una situación semejante hemos podido constatar a lo largo del margen norte del Bosque de S. Pedro, tanto en los ejemplares que flanquean ambas orillas del río Darro, así como los situados en jardines de Cármenes particulares. En estos ejemplares, los primeros síntomas se observaron en 1995, si bien en la actualidad, el ritmo de mortalidad está experimentando un aumento considerable, lo que está siendo favorecido por la existencia de frecuentes interconexiones radiculares. En casos puntuales (propiedades particulares), los ejemplares afectados están siendo retirados y su madera posteriormente eliminada, si bien, la magnitud del problema requeriría de la intervención temporal de personal adicional. Independientemente del problema puramente fitosanitario que supone, al interferir directamente con el programa de control integrado que se viene aplicando en La Alhambra, la inactividad ante este problema implica la acumulación de residuos, o de olmos gravemente enfermos, que ejercen un notable impacto visual, paisajístico y ambiental, contribuyendo a su vez a acelerar la muerte de los ejemplares vecinos, y por tanto a agravar aún más la situación actual.

El efectivo de escolítidos vectores, generados en dichos olmos afectados, ha sido muy importante, y lo será aun más en el futuro inmediato, si tenemos en cuenta el notable potencial reproductivo de estos insectos. Esto se ha reflejado en los índices crecientes de capturas que sobre *Scolytus multistriatus* fueron registrados a partir de 1996 en los dispositivos de trampeo instalados en la parte superior del Bosque de S. Pedro, los cuales fueron consecuentemente suprimidos.

En consecuencia, se aprecia, a partir de 1996, una tasa de infección aérea 5 veces superior a la de los años precedentes, y aún mayor para el Bosque de S. Pedro (aproximadamente 10 veces superior a la correspondiente para 1996). Este significativo incremento es sumamente inquietante, si tenemos en cuenta que supone una vuelta a la situación inicial, después de un periodo de aproximadamente tres años en el que la drástica aplicación del programa ha proporcionado una considerable y gradual disminución de la frecuencia de infección. La mayor incidencia actual de la enfermedad en esta zona, hasta ahora la menos afectada por la grafiosis, junto con la dificultad añadida que su accidentada topografía supone para la ejecución de las diferentes intervenciones (inspecciones, tratamientos fitosanitarios, desconexión radicular, podas, apeos, eliminación o retirada de residuos), limitará de manera considerable el éxito en la protección de sus ejemplares. Por otra parte, la dificultad en la detección de nuevos focos de infección/infestación iniciados por los escolítidos procedentes de las áreas adyacentes, supondrá un incremento posterior de la tasa de infección en las restantes zonas del área de control.

La eliminación de los focos periféricos podría aún corregir en buena parte la reacción que ya comienza a observarse; y de acuerdo con esto, aún cabe esperar una reacción por parte de los organismos competentes. En este sentido, se propondría la ampliación del ámbito de actuación, en un área-cinturón donde se llevarían a cabo las siguientes actividades:

1. Observación periódica del estado fitosanitario y evolución de los olmos.
2. Apeo y destrucción de los ejemplares muertos, y de los enfermos con síntomas superiores al 15% de la copa.
3. Eliminación de infecciones en las copas, siempre y cuando estas afecten a una superficie foliar de entre el 5 y 15%.
4. Aplicación regular de tratamientos fitosanitarios mediante insecticidas, de acuerdo con la fenología de los escolítidos.
5. Colocación de trampas de interceptación de vuelo dotadas de feromonas sintéticas de *S. multistriatus*, y de trozas-cebo en puntos estratégicos para *S. scolytus*.

- De acuerdo con los resultados satisfactorios obtenidos en los ensayos efectuados recientemente (ver artículo adjunto, en este volumen y GÁZQUEZ & GONZÁLEZ, 1998), en los ejemplares notables, o más significativos, se puede asegurar su protección, mediante la inducción de resistencia a la enfermedad.

## AGRADECIMIENTOS

A los Dres. L. Gil Sánchez y M.E. García Rivero (ETSI Montes, Madrid), y J. Jiménez García (Universidad Politécnica de Valencia), por su importante asesoramiento en la realización de este trabajo.

A todos los miembros del Patronato de la Alhambra que de alguna manera han colaborado en la ejecución de este trabajo, especialmente al

Exmo. Sr. D. Mateo Revilla Uceda, y a D. Jorge Calancha de Passos (Jefe del Dpto. de Bosques y Jardines), por su estrecha colaboración, y gran interés en la incorporación de cualquier nueva alternativa de lucha. Nuestro agradecimiento al Dr. Pablo Prieto Fernández, Investigador del CSIC (Estación Experimental del Zaidín, Granada) por su inestimable participación en la aplicación del programa de control, y su apoyo incondicional en todo momento, y muy especialmente en las etapas más difíciles.

R.G.R. agradece a la O.T.R.I. (Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación) de la Universidad de Jaén el apoyo recibido en la realización de este trabajo, así como al personal del Dpto. de Biología Animal, Vegetal y Ecología en general, y particularmente a los profesores Isidoro Ruiz Martínez y Jesús Pérez Jiménez.

## SUMMARY

Since its irruption, at the early 80's, the agent producing the Dutch elm disease (DED), *Ophiostoma novo-ulmi*, has produced the death of much of the spanish elms. In the Alhambra and Generalife forest (Granada, southern Spain) an integrated management program is being carried out since the spring of 1994. Some of the different elements of such program are directed against the insects vectors (Coleoptera, Scolytidae). Among these we remark the sanitation of affected trees and vegetal remains suitable for scolytids breeding, the monitoring of their populations by means of traps baited with synthetic pheromones, mass rearing and release of their natural enemies (hymenopterous parasitoids) and the elm protection by insecticide application. Among the preventive elements, we remark the isolation of the root systems, and the injection of fungicides. Recently, we have introduced a treatment with *Verticillium dahliae* WCS850 as succesful inductor of tree resistance. The therapeutic measures involve: periodical inspection of the elms canopies, and removal of newly infected branches as a result of feeding of the beetles.

In this paper, the dynamics of the DED in the Alhambra and Generalife forest during the period 1994/97, and the influence of several external factors is discussed. Among these, the frequent appearance of foci of infestation in the urban elms, mainly along the north edge of the control area, is decreasing, the effectiveness of the integrated management of DED, mainly from 1996 onwards. The creation of an interference fringe around the Alhambra and Generalife forest, and the application of a series of control measures to apply in the peripheric zone, is proposed.

**Key Words:** Alhambra woods, Dutch elm disease, integrated pest mangement, biological control, *Scolytus multistriatus*, *Ophiostoma novo-ulmi*.

## BIBLIOGRAFIA

- BRASIER C.M. 1990: «China and the origins of Dutch elm disease: an appraisal». *Plant Pathology* 39, 5-16.

- BRASIER C.M. 1991: «*Ophiostoma novo-ulmi* sp. causative agent of the current Dutch elm disease pandemics». *Mycopathologia* 115, 151-161.
- BRASIER C.M. & MEHROTRA M.D. 1995: «*Ophiostoma himal-ulmi* sp. nov., a new species of Dutch elm disease fungus endemic to the Himalayas». *Mycol. Res.*, 99 (2): 205-215.
- CAMPANA R.J. 1978: «Comparative aspects of Dutch elm disease in eastern North America and California». *California Plant Pathology*, 41, 6 pp.
- CANNON W.N., BARGER J.H. & GROTH L. 1985: «Seasonal detection of visible Dutch elm disease symptoms». *Journal of Arboriculture*, 11: 233-235.
- DELEGACIÓN PROVINCIAL DE MEDIO AMBIENTE DE GRANADA 1995: *Seguimiento de las olmedas de la provincia de Granada*. Informe Técnico, Agencia de Medio Ambiente, Consejería de Medio Ambiente, Granada, 9 pp.
- EPSTEIN A.H. 1978: «Systemic chemical treatments of trees for protection and therapy». En: *Dutch elm disease, perspectives after 60 years* (W.A. SINCLAIR & R.J. CAMPANA, eds.), pp. 32-33. Cornell Univ. Agric. Exp. Stat., New York, 53 pp.
- FRANSEN J.J. & BUISMANN C. 1935: «Infectieproeven op verschillende iepenSorten met behulp van iepen spintkevers». *Tidjch. Plantenz.*, 41: 221-39.
- GÁZQUEZ P. & GONZÁLEZ R. 1998: «Aplicación experimental de *Verticillium dahliae* WCS850, en el control preventivo de la grafiosis del olmo». *Ecología*, N.º 12: 319-331.
- GIBBS J.N. & DICKINSON J. 1975: «Fungicide injection for the control of Dutch elm disease». *Forestry*, 48: 165-176.
- GIL SÁNCHEZ L. (ed.) 1990: *Los olmos y la grafiosis en España*. ICONA, Colección Técnica, Madrid, 300 pp.
- GIL SÁNCHEZ L. & GARCÍA-NIETO RIVERO M.E. 1990: «Paleobotánica e historia de los olmos de la Península Ibérica». En: *Los olmos y la grafiosis en España*. GIL L. (ed.). ICONA. Colección Técnica, Madrid, 300 pp.
- GONZÁLEZ R. 1990: *Estudio bioecológico de Phloeotribus scarabaeoides* (BERNARD, 1788) (Coleoptera, Scolytidae), en la provincia de Granada. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. 450 pp.
- GONZÁLEZ R. 1995: «Control Integrado de la grafiosis del olmo en La Alhambra». *Cuadernos de La Alhambra*, vol. 31-32. 207-224.
- GONZÁLEZ RUIZ R. & PRIETO FERNÁNDEZ P. 1995: «Grafiosis del olmo. Arboledas de La Alhambra». *Investigación y Ciencia*, 2, 23-24.
- HART J.H. 1970: «Attempts to control Dutch elm disease by pruning». *Plant Dis. Rep.*, 54: 985-86.
- IPINZA CARMONA R., MARTÍNEZ DE AZAGRA A., SALVADOR NEMOZ M.L. & CALONGE F.D. 1990: «Consideraciones micológicas epidemiológicas de *Ceratocystis (Ophiostoma) ulmi* (Buism.) Moreau». En: GIL L. (ed.), *Los olmos y la grafiosis en España*, pp. 121-164. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación -ICONA-.
- LANIER G.N. 1990: «Consideraciones sobre los problemas en el control municipal de la grafiosis». En: GIL L. (ed.), *Los olmos y la grafiosis en España*, pp. 215-241. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación -ICONA-.
- LANIER G.N., SHERMAN J.F., RABAGLIA R.J. & JONES A.H. 1984: «Insecticides for control of bark beetles that spread Dutch elm disease». *J. Arboric.*, 10: 265-72.
- PAJARES ALONSO J.A. 1987: *Contribución al conocimiento de los escolítidos vectores de la grafiosis en la Península Ibérica*. Tesis Doctoral, ETSI de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 229 pp.

- PAJARES ALONSO J.A. & ARÉVALO M.J. 1987: «Protección de los olmos contra insectos vectores de la grafiosis». *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas*, 13: 311-325.
- PAJARES ALONSO J.A. & GIL SÁNCHEZ L.A. 1990: «Los escolítidos del olmo, vectores de la grafiosis». En: GIL L. (ed.), *Los olmos y la grafiosis en España*, pp. 215-241. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación -ICONA-.
- PAJARES ALONSO J.A. & MARTÍNEZ DE AZAGRA A. 1990: «El control de la grafiosis». En: GIL L. (ed.), *Los olmos y la grafiosis en España*, pp. 215-241. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación -ICONA-.
- SCOTT T.M., KING C.J. & WALKER C. 1975: «Trials with insecticides sprays to control elm bark beetles in logs». *Quart. J. Forestry*, 8: 1-4.
- SHIGO A.L. & CAMPANA R.J. 1977: «Discolored and decayed wood associated with injection wound-sin american Elms». *J. Arboric.*, 3: 230-35.
- SVIRA P. 1980: *Dutch elm disease in California*. Leaflet 21189, Division of agricultural sciences. University of California, 7 pp.
- VAN SIKLE G.A. & STERNER G.S. 1976: «Sanitation, a practical protection against Dutch elm disease in Fredericton, New Brunswick». *Plant Dis. Rep.*, 60: 336-38.
- VERRAL A.F. & GRAHAM T.W. 1935: «The transnission of *Ceratostomella ulmi* trouhg root grafts». *Phytopatology*, 25: 1039-40.
- WOOD D.L. 1982: «The role of pheromones, kairomones and allomones in the host selection and colonization behaviour of bark beetles». *Annual Review in Entomology*, 27: 411-446.