

Técnicas para el tratamiento preventivo y curativo de la enfermedad de la grafiosis agresiva (*)

A. MARTINEZ DE AZAGRA, R. IPINZA, F. J. MONTEAGUDO y L. GIL SANCHEZ

Este artículo pretende dar una visión actual y realista sobre las técnicas y posibilidades de control de la grafiosis agresiva.

Se hace una revisión detallada de la amplia bibliografía que existe sobre el control de la enfermedad, tratando de acoplar todos los datos al caso particular de nuestras olmedas.

A. MARTINEZ DE AZAGRA, R. IPINZA, F. J. MONTEAGUDO y L. GIL SANCHEZ. Departamento de Silvopascicultura. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. (U.P.M.).

Palabras clave: Olmos, grafiosis agresiva, control integrado, saneamiento, destrucción de raíces-puente, insecticidas, feromonas, fungicidas.

INTRODUCCION

La grafiosis agresiva es, sin duda, la enfermedad más funesta de todas las que afectan al arbolado forestal español en la actualidad. Su tremenda virulencia, así como ciertos fracasos estrepitosos cosechados en programas de control inadecuados, pueden alimentar la opinión de que se trata de una causa perdida; que la desaparición de nuestros olmos es algo irremediable. Sin embargo, esta postura pesimista dista mucho de la realidad, puesto que existen contrastados ejemplos en dónde se describen estrategias de control eficaces contra esta enfermedad, como más adelante podremos comprobar.

A diferencia de otros países europeos, los olmos de España se han visto hasta 1980 muy poco afectados por cepas agresivas de grafiosis. Esta demora nos permite disponer de una valiosísima información en cuanto al control de la enfermedad, sin que nuestros olmos hayan tenido que "padecer" los ensayos. A

modo de resumen, valen las siguientes líneas de actuación en el control:

- 1.º Saneamiento.
- 2.º Compartimentalización.
- 3.º Destrucción de raíces-puente.
- 4.º Aplicación de insecticidas.
- 5.º Uso de feromonas y árboles cebo.
- 6.º Aplicación de fungicidas.
- 7.º Posibilidades de control biológico.
- 8.º Control integrado.

Antes de pasar a describir cada una de estas actuaciones, conviene recalcar el hecho de que un programa de control eficaz se ha de extender inexcusablemente a una zona suficientemente autónoma. De nada sirve realizar toda una serie de medidas de control en una pequeña olmeda o en un olmo singular, si a corta distancia existen focos importantes de grafiosis. Las olmedas o grupos de olmedas a proteger han de constituir unidades en las que exista una escasa posibilidad de invasión exógena masiva de escolítidos. Por suerte, este requisito suele satisfacerse en la mayoría de los casos sin tener que actuar sobre grandes superficies, ya que el olmo raras veces forma masas continuas.

(*) Este trabajo es parte del proyecto: Control de la enfermedad de la grafiosis a través de la mejora genética, financiado por el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.

SANEAMIENTO

Se trata del método más sencillo para tratar de atajar cualquier enfermedad o plaga. Consiste en localizar las ramas y árboles afectados por el mal y eliminarlos con la mayor celeridad posible antes de que puedan contaminar a los sanos. No es de extrañar por ello que, antes incluso de conocer al agente causal de la grafiosis y su forma de propagación, se aboga se por tal medida.

Pero no sólo se trata del método más sencillo, sino que sigue siendo una estrategia imprescindible en cualquier programa de control de la grafiosis (NEELY, 1975; VAN SICKLE y STERNER, 1976; BARGER, 1977; CAMPANA, 1977; STIPES, 1977; MARK y RENAULT, 1985). Tanto es así, que puede aseverarse que el saneamiento sigue siendo la medida preventiva clave contra la enfermedad. A su vez, también posee un gran interés desde el punto de vista terapéutico o curativo, por lo que lo vamos a considerar en primer lugar.

El objetivo del saneamiento es la destrucción tanto del patógeno (*Ceratocystis ulmi* (Buisson) C. Moreau) como de sus vectores (los escolítidos del olmo). Por medio de inspecciones en la olmeda se detectan los focos de la enfermedad (ramas, árboles enteros o bosquetes) y se elimina. Desde un punto de vista conceptual se puede llegar a erradicar la enfermedad con este procedimiento. Sin embargo la eficacia del método nunca ha conducido a resultados tan halagüeños, por lo que el concepto de erradicación debe ser tachado de ilusorio aunque fuese inicialmente muy festejado (ANONYMUS, 1938, etc.). Cuanto más exhaustiva sea la vigilancia en la olmeda mayor número de focos podrán ser detectados y eliminados, pero no parece posible conseguir detectar todos, a no ser en una olmeda de muy reducidas dimensiones.

Como primer paso para el saneamiento tenemos la detección de los focos. Para ello se aconseja realizar prospecciones periódicas en la olmeda (GIBBS *et al.*, 1977) a lo largo de todo el período vegetativo. La razón estriba

en que los vectores de la enfermedad actúan durante todo este tiempo, dado que a una generación de escolítidos adultos se suceden siempre otras nuevas solapándose entre sí (PAJARES, 1987).

Para la detección de árboles y ramas enfermas se recurre generalmente a la sintomatología de la enfermedad. Las brigadas encargadas de la detección deberán estar formadas por gente experta y motivada en su trabajo (CANNON *et al.*, 1977). Una temprana detección de los focos permite minimizar pérdidas y riesgos de propagación. Por un lado se posibilita la adopción de medidas terapéuticas (poda del árbol afectado en vez de apeo) y por otro se disminuye el riesgo de propagación de la enfermedad a través de los escolítidos o por vía radicular.

Tanta importancia tiene una temprana detección de la enfermedad que han sido ensayadas técnicas presintomáticas de diagnóstico (HAMMERSCHLAG, 1975; BLANCHARD y CARTER, 1976 y 1980; FAIRWEATHER *et al.*, 1978; ALHER, 1980; LILLESAND *et al.*, 1981) basadas en la utilización de sensores de longitudes de onda que el ojo humano no percibe.

Otro factor a considerar en la detección "de visu" es el hecho de que los olmos varían de susceptibilidad a la enfermedad con el transcurso del período vegetativo (SMALLEY, 1963; TAKAY y KONDO, 1972 y 1979). De esta forma se comprende que la sintomatología de la enfermedad varía según cuándo haya sido el momento de la infección. Se insiste por tanto de nuevo en la importancia de trabajar con personas experimentadas a la hora de vigilar una olmeda.

Una vez se tienen detectados los focos de grafiosis hay que decidir qué se debe hacer con ellos. Existen distintas soluciones posibles, a las cuales vamos a pasar revista.

En la elección del método práctico de saneamiento a utilizar hay que sopesar numerosos factores, entre otros uno crucial: el económico. Existen numerosos trabajos que contemplan el control de la grafiosis desde este punto de vista (CANNON *et al.*, 1976, 1977 y

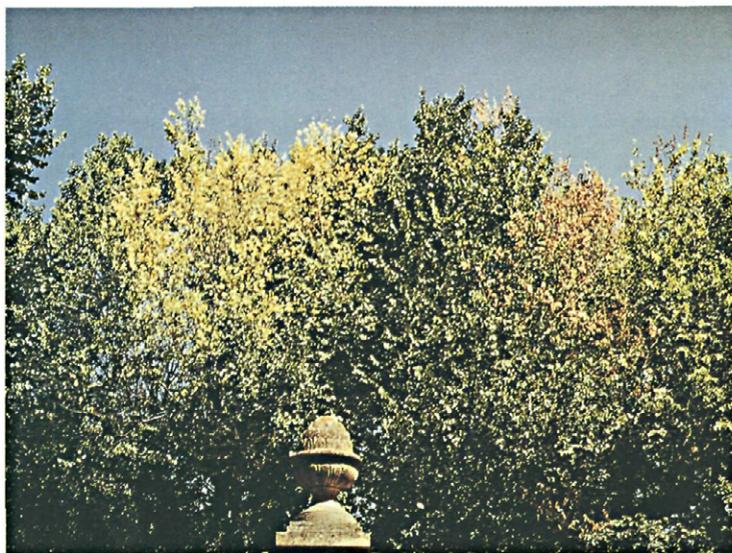


Fig. 1.—La detección temprana de la grafiosis agresiva es fundamental. Una pequeña demora hace que la enfermedad se generalice a gran parte de la copa con lo que las medidas terapéuticas dejan de ser eficaces.

1980; BAUGHMAN, 1985; BAKER y FRENK, 1985) pero nosotros nos vamos a centrar básicamente en la eficacia terapéutica y preventiva de cada posible solución. (Al final del artículo se aborda el tema económico aunque de forma sucinta).

Para poder valorar la importancia del foco de grafiosis y el posible peligro que entraña hay que saber distinguir entre la grafiosis agresiva y la no agresiva. Sólo en el primer caso debe sonar la voz de alarma, ya que los olmos españoles son bastante resistentes a la cepa no agresiva (MARTINEZ, 1945). Para poder discernir entre una y otra posibilidad basta con observar y seguir la evolución de los olmos afectados durante un período corto de tiempo (p. ej. una semana). Si la progresión de la enfermedad es rápida se trata de grafiosis agresiva con casi total seguridad. Sin embargo, en la mayor parte de los casos no hace falta (ni conviene) esperar todo este tiempo. Una vez se tiene noticia de que la grafiosis agresiva ha alcanzado un lugar se puede presuponer que el foco localizado pertenece a la aludida cepa agresiva. Más aún si se considera que ambas cepas coexisten malamente y que durante la fase epidémica se produce una

marcada selección en favor de las cepas agresivas tendiendo la raza no virulenta a desaparecer (GIBBS *et al.*, 1979; YOUNG y HOUSTON, 1982; BRASIER, 1986).

Ya dentro del caso de estar ante un foco de grafiosis agresiva caben dos disyuntivas en la actuación. Se puede proceder al saneamiento sin dilación de tiempo o bien se puede demorar dicha tarea hasta el invierno (Concepto de saneamiento convencional).

El saneamiento inmediato es la medida más radical y segura. La práctica demuestra que da unos mejores resultados que la segunda solución. Así BARGER (1977) compara el saneamiento inmediato (lapso máximo de demora entre detección del foco y eliminación [del mismo: 20 días) con las medidas de saneamiento] convencional y concluye que se consigue una prevención de la enfermedad significativamente superior en el primer caso. Este hecho concuerda plenamente con estas dos observaciones:

- 1) Al demorar el apeo o poda cabe el riesgo de que la grafiosis alcance el sistema radical y se propague a otros árboles vía injertos radiculares.

2) Al mantener ramas y troncos enfermos durante largo tiempo en la olmeda pueden emerger de ellos escolítidos y propagar la enfermedad. De hecho, los escolítidos del olmo completan más de una generación al año en España (PAJARES, 1987).

A su vez la actuación rápida o incluso inmediata facilita la adopción de medidas terapéuticas en los árboles afectados. La poda permite eliminar al hongo del hospedante (HIMELICK y CEPLECHA, 1976; GREGORY y ALISON, 1979). La efectividad de esta actuación depende del nivel de daño de la copa, es decir que el mayor éxito se logra cuando la marchitez es incipiente. Así, el tratamiento debe ejecutarse tan pronto como se haya detectado la enfermedad. Al respecto HIMELICK y CEPLECHA indican que al realizar la poda cuando los árboles presentan menos de un 5% de marchitez su recuperación se produce en un 66% de los casos. Por contra, si se demora el tratamiento entre una y cuatro semanas se consigue un número muy inferior de recuperaciones. CANNON *et al.* (1985) fijan el límite de marchitez admisible para la poda en un 10% pero siempre que el hongo no haya afectado aún al tronco o a las ramas mayores.

Las ramas afectadas se cortan bajo el punto de invasión del hongo para evitar así su progresión dentro del olmo. Puesto que los síntomas externos van retrasados con relación a la propia enfermedad no basta con podar las ramas al nivel donde dejan de apreciarse los síntomas de marchitez. Hay que "cortar por lo sano" dejando un amplio margen de seguridad. Este margen es variable según la fecha en que se haya producido la infección (mayor o menor susceptibilidad del olmo a la enfermedad), pero en todo caso debe ser superior al medio metro. GREGORY (1977) y HIMELICK (1977) —curándose en salud— recomiendan como margen un tramo de 3 a 4 metros de longitud después de la decoloración que se observa en la albura. Esta cifra, que en ciertos casos puede ser la adecuada, es sin duda excesiva otras muchas veces.

La utilización de herramientas de poda con-

venientemente desinfectadas es un requisito necesario. La noticia de que los conidios de *Ceratocystis ulmi* permanecen viables durante al menos una semana en el aceite de las cadenas de motosierra (MURDOCK *et al.*, 1977) es un dato poco tranquilizador. No obstante, HOLMES (1978) indica que la transmisión de la grafiosis por medio de motosierra es bastante improbable, de acuerdo con sus ensayos. En cualquier caso más vale ser prudente y desinfectar la herramienta cada vez que se vaya a podar un nuevo olmo.

Otra medida precautoria conveniente consiste en aplicar una pintura fungicida en la herida del olmo nada más realizada la poda. Dado que actualmente se ha prohibido la utilización del óxido de mercurio se puede recurrir a pinturas que contengan naftenato de cobre (DOOLEY, 1980) o sales similares.

La poda asociada con la utilización de un fungicida sistémico supone un perfeccionamiento del tratamiento terapéutico que estamos considerando (CAMPANA, 1976; GREGORY *et al.*, 1979). Más adelante se hace mención expresa a este punto.

Todo olmo podado por haber padecido grafiosis es un olmo débil por lo que debe ser vigilado con atención. Los síntomas pueden volver a manifestar bien porque no hayamos eliminado la enfermedad del árbol o bien porque se produzca reinfección a través de los escolítidos. De hecho, el éxito de la poda aumenta de forma considerable si se mantiene la población de vectores a un nivel bajo (SINCLAIR y CAMPANA, 1978) lo que indica que los escolítidos sienten predilección por estos olmos recién podados. Esto último no es de extrañar puesto que a través de las heridas y trozas de olmo se emite uno de los compuestos que conforman la feromona de agregación del *Scolytus multistriatus* (Marsh): el α -cubeneno (PEARCE, *et al.*, 1975). De este punto se infiere que todas las podas en olmo que no tengan un carácter terapéutico y de urgencia deben posponerse hasta el invierno, momento en que no hay escolítidos adultos en vuelo. En tal sentido se manifiestan BYERS *et al.* (1980)

aunque extienden su consejo a todo tipo de podas.

A la hora de decidir si podar o apea un olmo enfermo de grafiosis, se sobreestima muchas veces el valor del propio olmo a la vez que se infravaloran las consecuencias de tal actitud. Así, si se trata de un árbol singular se suele recurrir siempre a medidas terapéuticas. Esta postura de índole sentimental puede resultar funesta para el futuro de toda una olmeda.

Por último, y dentro del saneamiento terapéutico o poda hay que mencionar el desmoche o poda drástica de árboles enfermos. Esta medida sólo es viable durante la parada vegetativa, pues en verano el árbol difícilmente

puede recuperarse de semejante trauma. Los resultados de esta actuación están sujetos a idénticas consideraciones que los de la poda por lo que los omitimos.

Una vez realizado el apeo y poda hay que retirar las partes vegetales enfermas de la olmeda e impedir que puedan constituir un peligro de contaminación en el futuro. Cualquier procedimiento que evite la infección de nuevos olmos por culpa del material vegetal extraído puede ser utilizado.

El método más radical y seguro consiste en quemar todo este material. Claro es que habrá numerosas voces que clamen ante semejante medida pero lo cierto es que en muchas ocasiones no existe otra posibilidad mejor ni más fiable. Un error lamentable y —por desgracia— muy frecuente y extendido es el de almacenar las ramas y fustes provenientes del saneamiento en cinas o rimeros de leña para su futuro consumo sin otra precaución que la de suponer que no pasa nada (PHILLIPSEN y PETERSEN, 1979). Semejante actitud propicia la proliferación exponencial de los escoltídos, que se encuentran con cantidades ingentes de madera susceptible de ser colonizada por ellos. Después, las nuevas generaciones que emergen de dichos rimeros de leña se encargan de aniquilar las olmedas circundantes para así proveer al incauto propietario de nueva madera con la que llenar su leñera. La conclusión errónea que suele sacar el propietario del creciente rintero ante lo sucedido es la de que “los olmos se mueren sin remedio”. Además, ante el súbito y enorme acopio de leña que se produce con la muerte de toda una olmeda no es de extrañar que el aludido propietario se vea abrumado con tanta madera y decida venderla. Como en la localidad todos están ya bien abastecidos para los próximos inviernos, la leña suele venderse lejos del lugar con lo que nuestro querido personaje habrá propagado la enfermedad por otros lares con suma eficacia.

Esta sucesión de despropósitos hay que evitarla a toda costa, pues si la quema de los residuos tras el saneamiento puede parecer un



Fig. 2.—La poda y el desmoche permiten eliminar la enfermedad del árbol. Para ello hay que cortar con un margen de seguridad grande.



Fig. 3.—Los rimeros de leña son una fuente inagotable de escolítidos y de grafiosis. El transporte de estas leñas permite que la enfermedad se extienda a otras regiones.

dispendio innecesario mayor despilfarro supone abordar un programa de control abocado al fracaso por culpa de ciertos desaprensivos que se dedican a la cría masiva de escolítidos en sus leñeras.

Como se ve, el principal inconveniente del saneamiento es la dificultad y el elevado coste que representa retirar y destruir en corto plazo todo el material de olmo enfermo. Por ello se buscan muchas veces soluciones intermedias: En teoría basta con matar a los escolítidos para que no pueda haber transmisión de la enfermedad. Se han ensayado numerosos insecticidas para conseguir esta finalidad. Conviene aquí distinguir dos situaciones bien diferentes:

- 1) Las trozas del saneamiento están exentas de larvas de escolítidos.
- 2) Las trozas incluyen larvas de escolítidos.

En el primer caso el tratamiento es más sencillo y consiste en evitar que los escolítidos adultos puedan realizar su apareamiento y puesta en las mencionadas trozas. Esto se puede lograr con cualquier insecticida de contacto o ingestión. BURDEKIN *et al.* (1972) pro-



Fig. 4.—Al descortezar una rama de olmo colonizada por escolítidos, su potencial reproductivo queda bien patente.

ponen al lindano como insecticida ideal para este fin. De acuerdo con los ensayos de SCOTT *et al.* (1974) se consigue una perfecta protección de la madera de olmo frente a los escolítidos con lindano al 0.5% durante al menos ocho meses. Pero dado que la madera sigue siendo susceptible de ser colonizada por escolítidos durante mucho más tiempo no hay que caer en el error de suponer que el problema ha quedado definitivamente zanjado con un único tratamiento.

En el segundo caso hay que acudir a insecticidas fumigantes si se quiere evitar que los escolítidos emerjan. De hecho el tratamiento con gasoil y lindano al 0.5% reduce la emergencia de los escolítidos en un 90% pero no los elimina al 100% (SCOTT *et al.*, 1974). Esto desaconseja su utilización puesto que cualquier escape de escolítidos —por pequeño que parezca al manejar porcentajes— toma en números absolutos valores muy elevados. La cifra de 400.000 individuos de *Scolytus scolytus* (F.) y *Scolytus multistriatus* (Marsh.) que pueden emerger de un sólo olmo adulto (VON KEYSERLING, 1982) nos da clara idea del peligro que corremos al realizar un tratamiento de eficacia parcial; HANULA y BERISFORD (1982) aconsejan la utilización del fumigante bromuro de metilo para la eliminación de las

larvas de escolítidos. El rimero de leña debe rodearse previamente con polietileno para después crear la atmósfera nociva (dosis utilizada: 33 g. de bromuro de metilo por estéreo de leña a tratar). Tampoco en este caso se consigue una eficacia total, pese a la altísima toxicidad del fumigante (reducción de la emergencia en un 99%).

Un sistema eficaz que se puede seguir para inutilizar el material de olmo consiste en descortezar las trozas y quemar las cortezas obtenidas. De esta forma estamos destruyendo los lugares de reproducción de los escolítidos para siempre. Cabe desde luego la posibilidad de que el hongo (*Ceratocystis ulmi*) sea capaz de seguir algún tiempo vivo en las trozas descortezadas, pero ello no comporta riesgo alguno pues con el descortezado hemos impedido que escolítidos y hongo puedan asociarse.

La bibliografía cita además otras soluciones que —aunque eficaces— difícilmente pueden llevarse a la práctica: enterrar el material leñoso, incluirlo en silos o recientos estancos, sumergirlo en agua por periodos largos, etc.

Otra actuación que se recomienda en el caso del apeo es el tratamiento de los tocones. Interesa efectuar el corte a ras de suelo para no dejar lugar de puesta a los escolítidos (*Scolytus scolytus*). Pero dado que esto no es ple-



Fig. 5.—El método más radical y seguro consiste en quemar todo el material afectado por la grafiosis agresiva antes de que los escolítidos emerjan.

namente posible hay que tratar los tocones con gasoil y productos insecticidas, o bien quemar o descortezar su parte aérea.

El saneamiento, cuando se efectúa propiamente y con rigor, ha demostrado lograr el éxito en numerosos programas de control desarrollados en muy diferentes lugares del mundo, como por ejemplo en East Sussex (R.U.) (HEARN, 1977); Brighton y Hove (R.U.) (RILEY, 1983); Minneapolis (U.S.A.) (NEELY, 1975); Holanda (WATER, 1983); Annapolis y Kings (Canadá) (MARK *et al.*, 1985), etc. Aún cuando es necesario el transcurso de varios años para que se pueda apreciar claramente su efecto, éste se manifiesta en una acusada reducción de los niveles de la enfermedad lo que permite que la olmeda subsista en el tiempo sin acusar bajas ostensibles. Pero para ello hace falta tenacidad y minuciosidad durante todas y cada una de las tres fases de que consta el saneamiento: detección, poda y apeo, y aplicación de medidas con los residuos.

COMPARTIMENTALIZACION

En detecciones de la enfermedad tardías puede ocurrir que la infección haya pasado de las ramas al fuste. La poda ya no resulta una medida terapéutica efectiva y la prudencia suele aconsejar el apeo del olmo. Sin embargo, se puede recurrir a tratar de compartimentalizar la enfermedad en el tronco por medio de cortes o incisiones que aislen la parte afectada del resto del tronco sano.

Se trata de una técnica delicada que fue propuesta por CAMPANA y PRATT en 1972, y que después ha sido concretada y perfeccionada por SHIGO y TIPPET (1981). Las heridas se realizan hasta una profundidad de 2.5 cm. en el xilema bordeando la zona enferma. De esta manera se ayuda al hospedante a compartimentalizar la infección.

De acuerdo con NEELY (1972) la infección se propaga tronco arriba tres veces más rápido que tronco abajo a la vez que lo hace lateralmente con mucha más lentitud. Esto explica

el hecho de que el recinto incluido entre las incisiones adopte por lo común una forma alargada y estrecha (columnar).

No se aconseja utilizar esta técnica más que en olmos singulares de valor excepcional. Asimismo conviene tratar el recinto dañado con insecticidas (p. ej. lindano) para que no sirva de lugar de puesta a los escolítidos.

DESTRUCCION DE RAICES-PUENTE E INJERTOS RADICULARES

La propagación de la grafiosis entre árboles colindantes a través de las raíces fue puesta de manifiesto en 1935 por VERALL y GRAHAM. Para que se produzca el contagio los olmos han de tener el sistema radicular interconectado. En tal situación los conidios del hongo pueden circular a través de la savia bruta de un árbol enfermo al adyacente sano. El primero, al estar enfermo o muy enfermo, deja de transpirar con lo que el flujo de savia bruta se invierte hacia el olmo sano que termina enfermando.

La frecuencia con que se presentan estos sistemas radicales comunes depende del origen de la olmeda, de las especies de olmo existentes y del suelo en que se asienta la arboleda. En el *Ulmus carpinifolia* Gled. los sistemas radicales interconexos son muy frecuentes (BRAUN *et al.*, 1978). Los mismos autores agregan que el origen de tal interconexión parece ser variado pues existen diversos tipos de raíces de unión entre los olmos de un mismo bosque, pero que una constante en estas raíces-puente es que están muy vascularizadas.

De acuerdo con BURDEKIN (1976) en las zonas rurales de Inglaterra al menos el 50% de los olmos muertos por la grafiosis se ha debido a la transmisión de *C. ulmi* a través de raíces-puente. Esto nos puede dar idea de su importancia.

Este mecanismo de propagación de la enfermedad puede reducirse de forma sustancial si se matan las raíces en una faja equidistante

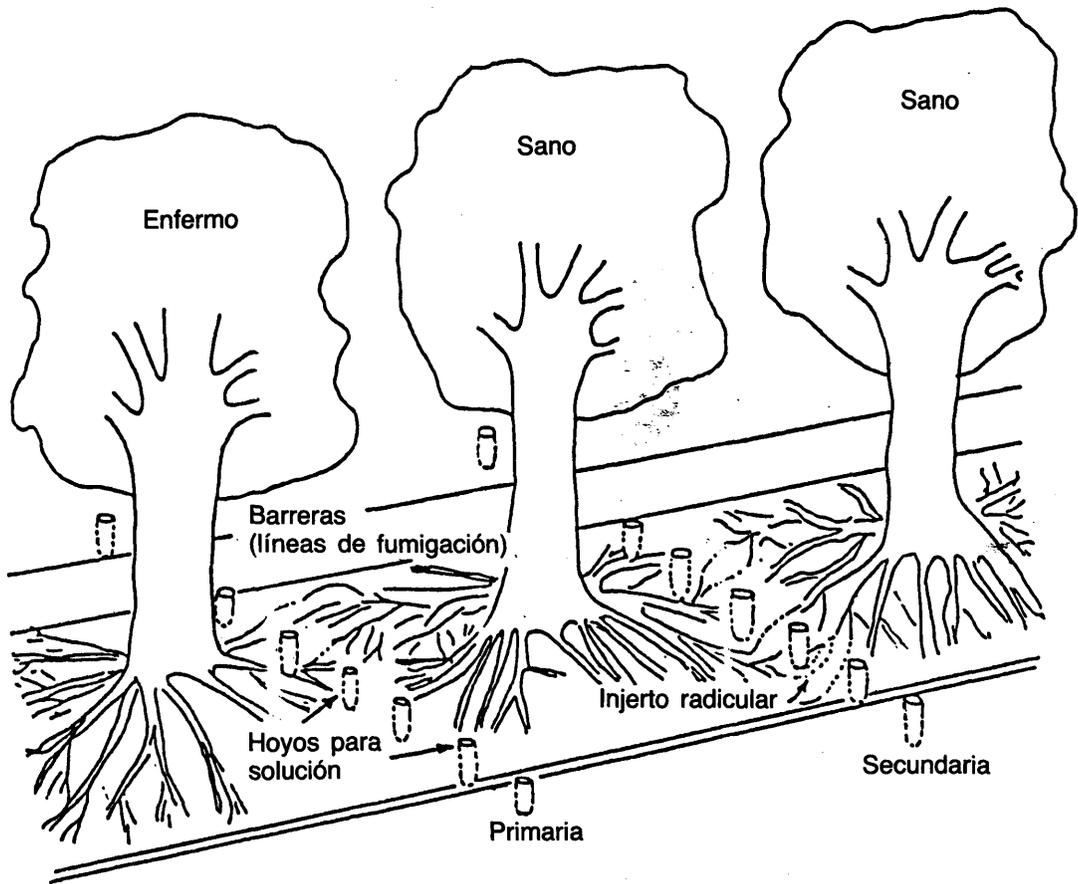


Fig. 6.—Método químico de destrucción de raíces-puente.

entre el árbol sano y el enfermo. En la figura adjunta se ilustra la forma de aplicar el producto químico. Se trata de realizar hoyos y depositar en ellos una sustancia herbicida. HIMELICK *et al.* (1963) recomendaron el metam-sodio (vapam) como sustancia química ideal para este cometido. En la actualidad esta sustancia sigue siendo la más utilizada. El procedimiento específico de aplicación de Vapam es descrito por WOLF *et al.* (1977).

Otro método efectivo para evitar el contagio radicular es el tronzado mecánico. Este tronzado debe abarcar unos 50 cm. de profundidad lo que obliga a utilizar subsoladores potentes o bien abrir zanjas.

La clave del éxito de este tratamiento radi-

ca en realizarlo a tiempo. Para ello conviene actuar durante las etapas iniciales de la infección aislando el sistema radicular del olmo enfermo del de los restantes por medio de una barrera primaria. Caso de que el olmo esté muy afectado se recomienda realizar directamente la segunda barrera, es decir una barrera entre árboles sanos (ver la figura 6), pues el contagio al primer árbol suele haberse producido con anterioridad.

Tanta importancia vuelve a tener aquí la detección precoz y la actuación inmediata que ciertos autores recomiendan desanillar los árboles enfermos nada más son localizadas —si su apeo no puede realizarse con suficiente rapidez. El método consiste en extraer un anillo

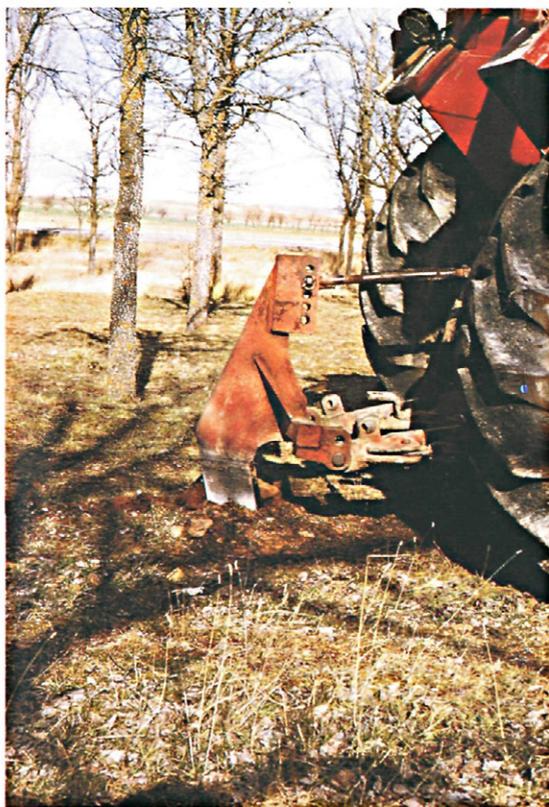


Fig. 7.—La destrucción de raíces-puente puede realizarse a bajo costo mediante la utilización de un subsolador monobrazo.

completo en la parte inferior del tronco, de unos pocos centímetros de anchura, que contenga las capas de floema y xilema funcional, con lo que se interrumpe la progresión del hongo hasta las raíces y se evita la posibilidad de infección a otros árboles próximos vía raíces (BARGER *et al.*, 1982; CANNON *et al.*, 1982).

Para evitar desde un principio este problema de interconexión radicular se aconseja realizar las plantaciones urbanas y lineales de olmos en un marco de al menos 15 metros (KARNOSKY, 1979). Distanciamientos menores de 10 metros, empleados frecuentemente, conducen a injertos radicales lo que dificulta y encarece el control de la grafiosis innecesariamente.

APLICACION DE INSECTICIDAS

En el apartado anterior se ha hablado de las formas de evitar la propagación de la enfermedad a través de las raíces. El otro medio de propagación de la grafiosis se produce a través del aire gracias a la contribución de los escolítidos del olmo. Estos emergen de árboles enfermos portando esporas de grafiosis en su tegumento. Durante la búsqueda de nuevos lugares en donde reproducirse frecuentan las zonas altas de las copas de olmos sanos. Allí suelen efectuar la alimentación de maduración o un simple avituallamiento que consiste en mordisquear las ramillas finas y sus horcaduras. En algunas de esas heridas o mordeduras quedan adheridas las esporas de la grafiosis que con su germinación inician una nueva infección en un olmo previamente sano.

En teoría podríamos lograr la total desaparición de los escolítidos mediante un saneamiento exhaustivo. La práctica demuestra que esto no es posible: por muy minucioso que se trabaje, siempre pasan ciertas ramas enfermas desapercibidas y de ellas emergen escolítidos con esporas del hongo. Una medida complementaria al saneamiento consiste en la utilización de insecticidas para disminuir la población de vectores en mayor medida.

El tratamiento con insecticidas se incorpora a los programas de control de los escolítidos del olmo desde que COLLINS *et al.* (1936) registraran por primera vez la muerte de estos insectos después de haberse alimentado en horcaduras de ramillas tratadas con productos arsenicales. Pronto estos insecticidas quedaron relegados por la suma eficacia y el bajo coste del DDT. En 1945 Whitten propuso la utilización de este organoclorado para controlar a las poblaciones de escolítidos. La prohibición del DDT hizo que se iniciase una afanosa búsqueda en pos de un sustituto. DOANE (1962) evaluó mediante bioensayos la efectividad de numerosos compuestos y encontró que el metoxicloro —si bien no provocaba una alta mortalidad— lograba una fuerte reducción del tamaño de las mordeduras producidas

en las ramillas, indicando que los escolítidos apenas se habían alimentado. Ensayos posteriores han verificado estos resultados y confieren al metoxicloro propiedades repelentes. Actualmente, el insecticida de uso más común en el control de la grafiosis es este compuesto (SCOTT y WALKER, 1975; BARGER, 1976), pese a que, como indica NEELY (1978), sea tres veces más caro y bastante menos efectivo que el DDT. Buena prueba de que su eficacia es relativa la tenemos en el hecho de que continuamente se están ensayando nuevos productos: carbaryl, clorpirifos, piretrinas sintéticas, etc. Otra posibilidad que se ha barajado ha sido la del uso de insecticidas sistémicos. Aunque los estudios iniciales mostraron resultados prometedores con bidrin (NORRIS, 1960) más tarde se comprobó su casi nula eficacia así como su fuerte fitotoxicidad (LAM DIN *et al.*, 1969).

Desde un punto de vista práctico el único insecticida del que existe una contrastada bibliografía para su aplicación en programas de control de la grafiosis es el metoxicloro. Con la aplicación del mismo se pretende cubrir las ramillas de los olmos con una cantidad suficiente de materia activa para evitar que los escolítidos mordisqueen en ellas y —a ser posible— para conseguir que mueran. El primer propósito es más importante pues con él se impide la propagación de la grafiosis; de ahí el interés por utilizar insecticidas con carácter repelente. Según BARGER (1984) depósitos de 0.5 microgramos de materia activa por mm² de corteza evitan la alimentación de los escolítidos en un 99%. En aplicaciones hidráulicas terrestres a alto volumen se suele trabajar con una dosificación al 2%. Pajares (1987) recomienda reducir esta concentración y trabajar con metoxicloro líquido al 1%. De acuerdo con este autor al emplear la dosificación del 1% se pueden conseguir unos depósitos medios sobre las ramillas de 1.35 µg/mm² con lo que se obtiene una protección más que suficiente frente a los escolítidos.

Más importante que la concentración del preparado es el correcto funcionamiento del

pulverizador, que debe producir una nube de gotas homogénea para que la distribución del producto se satisfactoria. A su vez el aparato lanzador debe poseer la suficiente potencia para alcanzar las ramas y guías más altas de los olmos. En caso contrario el tratamiento será totalmente inadecuado, más aún si se considera que los escolítidos tienen una especial predilección por efectuar su alimentación de maduración en las partes altas de la copa.

El tratamiento ha de realizarse yendo árbol por árbol y se ha de atacar cada copa desde al menos dos puntos diferentes para que no queden ángulos muertos sin tratar. Puesto que con los tratamientos terrestres los depósitos mayores se producen en las partes bajas (BARGER, 1984), interesa dirigir la lanza del pulverizador durante más tiempo hacia las guías de los olmos. En este punto se comprende la importancia del factor humano. La preparación del operador y su motivación en el trabajo son indispensables para que el tratamiento resulte eficaz.

Otra cuestión fundamental en el tratamiento es la época de aplicación. Tal y como propone Pajares (1987) lo razonable es efectuar un primer pase a principios de primavera, justo antes de que los olmos echen sus sámaras. Un segundo tratamiento en el verano se hace conveniente para proteger a las nuevas ramillas que se producen durante el período vegetativo. Si se trabaja con un preparado al 1% el nuevo tratamiento es casi obligado puesto que la degradación y el lavado de la materia activa con el tiempo terminan por rebajar el depósito a valores inferiores a 0,5 µg/mm². El autor antes citado aconseja realizar un segundo tratamiento a principios del mes de Julio con lo que los olmos quedan ya protegidos hasta el final del período vegetativo.

Otros métodos de aplicación del metoxicloro usados en Estados Unidos son los tratamientos aéreos con helicóptero y el empleo de nebulizadores. CUTHBERT *et al.*, (1973) indican la dosificación a emplear en cada caso.

El uso del metoxicloro comporta riesgos medioambientales que no conviene desdeñar.



Fig. 8.—Una correcta aplicación de insecticidas ayuda a disminuir la población de escoltídos. (Archivo de la Subdirección General de Sanidad Vegetal).

Se trata, por ejemplo, de un insecticida muy tóxico para la fauna acuática por lo que hay que tomar las debidas precauciones cuando se aplica en lugares próximos a hábitats acuáticos (PEACOCK, 1973), lo que suele ser frecuente en el caso de olmedas.

Para terminar quisiéramos volver a insistir en que el uso de insecticidas dentro de una estrategia óptima de control es sólo una medida complementaria al saneamiento. No obstante, en muchos casos representa la táctica más accesible para reducir o evitar la entrada de la enfermedad en una olmeda.

Otra posible forma de prevenir la alimentación en las ramillas es mediante el uso de inhibidores o antiapetitivos. Su ventaja radica en que son muy selectivos y en que no inciden negativamente en el ambiente. En Norteamé-

rica se han buscado tales productos a partir de extractos de floema de árboles no hospedadores de los escoltídos del olmo (GILBERT *et al.*, 1967; etc.). Asimismo se han ensayado antiapetitivos sintéticos (HASTINGS y BEROZA, 1961; etc.). Sin embargo, esta sugestiva línea de investigación está prácticamente abandonada en la actualidad.

USO DE FEROMONAS Y ARBOLES CEBO

Ambas medidas van destinadas a disminuir y controlar la población de escoltídos: bien por medio de sustancias químicas sintéticas, bien utilizando árboles trampa o bien combinando ambos métodos.

En 1975 PEARCE *et al.* consiguen determinar

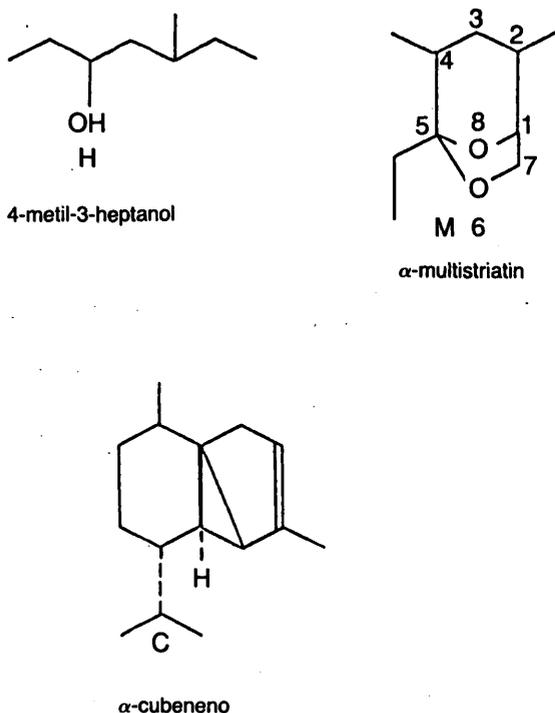


Fig. 9.—Estructura química de la feromona de agregación del *S. multistriatus* (Fuente: Lanier, G. (1978)).

los tres compuestos que constituyen la feromona de agregación del *Scolytus multistriatus*; el 4-metil-3-heptanol, el α -multistriatin y el α -cubenoeno (Fig. 9).

Casi de inmediato se inicia una serie de estudios de campo para ensayar las posibilidades de la feromona en el control de la grafiosis (LANIER *et al.*, 1976). La fuerte respuesta de las poblaciones de *Scolytus multistriatus* a este tipo de cebos sintéticos hace concebir esperanzas en el nuevo método de control. Sin embargo, la efectividad del método es sólo parcial, ya que como máximo y en condiciones óptimas se consigue atrapar alrededor del 20% de la población original de escoltídos (PAINE *et al.*, 1984). Además, las fuentes naturales de emisión (los olmos enfermos colonizados) compiten muy ventajosamente frente a la feromona sintética (MINKS *et al.*, 1978; PAINE *et al.*, 1984). Por consiguiente, la mayor efec-

tividad se logrará en aquellos lugares donde exista poco o ningún material susceptible de ser colonizado, lo cual sólo se produce si se realizan periódicos y exhaustivos programas de saneamiento.

Otra limitación del método es el peligro de que con la feromona estemos atrayendo escoltídos a la zona que queremos proteger provenientes de otras olmedas. En este sentido, hay que desaconsejar taxativamente su uso en lugares aún libres de grafiosis agresiva, pues con tales medidas podemos acelerar su llegada.

La posibilidad de utilizar la feromona sintética en grandes concentraciones para sobresaturar el sistema de comunicación del *Scolytus multistriatus* y producir un efecto de disrupción es contraproducente, puesto que ante tal sobresaturación los escoltídos interrumpen su orientación de vuelo y se desvían hacia las ramillas de los olmos sanos circundantes (LANIER *et al.*, 1976; RABAGLIA y LANIER, 1983), lo que supone incrementar el riesgo de nuevas infecciones.

Un posible factor negativo del uso de feromonas lo constituye el hecho de que parásitos y predadores del *S. multistriatus* acuden también al reclamo del cebo (efecto kairomonal). En consecuencia, el efecto positivo por la captura de escoltídos puede verse seriamente reducido ante la simultánea captura de alguno de sus enemigos naturales (KENNEDY, 1979 y 1984). El mismo autor propone retrasar el despliegue de las trampas de feromona hasta el mismo momento en que se vaya a iniciar la emergencia de los escoltídos en primavera con el fin de afectar lo menos posible a la población de parásitos, cuya emergencia se produce antes que la de los escoltídos.

También se han abordado estudios para determinar la feromona de agregación del *Scolytus scolytus* (BORDEN y KING, 1977; BLIGHT *et al.*, 1979, etc.), que han conducido a su determinación. Sin embargo, en este caso la atracción que se consigue no permite capturas masivas, al menos en lo que respecta a la población española de la especie (PAJARES, 1987).

En cuanto al *Scolytus kirschii* Skalitzky, otro de los principales implicados en la propagación de la enfermedad en las olmedas españolas (PAJARES, 1987), aún no se conoce una combinación atrayente que resulte eficaz como cebo.

De lo anteriormente indicado, se deduce que las posibilidades de control de la grafiosis por medio de feromonas son hasta la fecha muy limitadas. El método debe considerarse como un simple complemento al uso de insecticidas y al saneamiento.

El número de trampas que se deben disponer en la olmeda ha de ser discreto para no llegar a producir sobresaturación. En base a los estudios de WOLLERMAN (1979) se puede concluir que el radio de incidencia máximo de la feromona es de unos 160 metros. Pero dado que la eficacia de la atracción se reduce considerablemente con la distancia del foco emisor, al menos dos o tres trampas por hectárea deben ser desplegadas.

No se aconseja situar los cebos junto a olmos sanos, puesto que con ello corren un peligro mayor de enfermar. Según PAJARES (1987), conviene alejar la feromona un mínimo de 50 metros del olmo más próximo por esta razón.

Tampoco interesa situar la trampa cerca de especies arbóreas diferentes al olmo, puesto que éstas emiten ciertos compuestos volátiles que pueden entorpecer el efecto de la feromona. Lo ideal es fijar las trampas sobre palos o postes.

El empleo de árboles cebo constituye otro procedimiento para rebajar la población de escolítidos. Olmos enfermos o indeseables son elegidos para tal fin, y se les mantiene dentro de la olmeda durante todo o parte del período vegetativo, en vez de apearlos y retirarlos con urgencia. En este caso, la atracción se produce de forma natural aunque puede ser intensificada artificialmente colocando en el árbol elegido feromonas sintéticas.

El peligro estriba en que los olmos cebo pueden servir de medio de cultivo ideal para los escolítidos si no se actúa convenientemen-

te. Para evitar este problema se han ensayado ciertas sustancias que, al aplicarlas al árbol cebo, impiden la consecución del desarrollo larvario. REXRODE y LOCKYER (1974) propusieron para este fin el metil oxidimeton (un insecticida sistémico) y el ácido cacodílico o dimetilarsténico (un arboricida). Únicamente la segunda sustancia parece conseguir el propósito perseguido, aunque tampoco lo hace plenamente. Mediante la inyección de este arboricida (a una dosis de 0,2 ml. por cm. de circunferencia del árbol) se consigue la muerte acelerada del olmo. El fuerte desecamiento que se produce en el floema impide el desarrollo de la generación de los escolítidos y sólo una



Fig. 10.—Las trampas pegajosas cebadas con feromonas ayudan a controlar la población de escolítidos. Resultan sobre todo útiles para fijar las fechas más propicias de aplicación de insecticidas.

pequeña parte de ellos logra emerger. En estudios realizados en Inglaterra y en Estados Unidos se obtuvieron reducciones del 97,5% de la productividad del *S. multistriatus* (O'CALLAGHAN *et al.*, 1981). Una posterior mejora de esta técnica puede lograrse fumigando el tronco de los árboles con un insecticida del tipo del clorpirifos (LANIER y JONES, 1985).

En todo caso, se trata de un arma de dos filos que hay que saber manejar. Basta con recordar el dato de que 400.000 escoltidos pueden emerger de un olmo (VON KEYSERLING, 1982) para comprender el peligro que encierra esta técnica si no se aplica correctamente. Por ello y a nuestro juicio, el uso de árboles cebo sólo debe utilizarse al final del período vegetativo cuando se tiene la seguridad de que la generación que se forma en el árbol cebo va a ser precisamente la generación invernante (cuya eliminación es segura).

APLICACION DE FUNGICIDAS

Dado que la grafiosis es una enfermedad producida por un hongo, no es de extrañar que numerosos investigadores se hayan afanado en buscar una sustancia química con propiedades fungitóxicas con la que combatir directamente al agente causal del problema. CAMPANA (1977) señala que desde la década de 1930 se han ensayado más de 500 productos distintos. La dificultad para encontrar uno realmente efectivo estriba en el hecho de que ha de reunir numerosas propiedades a la vez. Se requiere un fungicida sistémico, con gran movilidad a través de los vasos del árbol, químicamente estable y con escasa fitotoxicidad; persistente dentro del árbol, inocuo para el hombre y el medio ambiente (CAMPANA, 1979). Además, conviene que sea barato y de fácil aplicación.

Sólo desde el descubrimiento del benomilo y sus derivados, la posibilidad de un tratamiento eficaz a base de fungicidas ha empezado a cobrar cierta entidad, aunque bien es cierto que aún queda mucho por mejorar. De

hecho, los fungicidas sistémicos actuales que se utilizan contra la grafiosis presentan algunos inconvenientes que conviene destacar, incluso antes de referir sus virtudes (IPINZA y GIL, 1986):

1) Los programas de control mediante fungicidas son de costo elevado y solo se justifican cuando se emplean en olmos de un gran valor.

2) La distribución en el árbol del producto suele ser en muchos casos deficiente, pese a que se utilizan métodos sofisticados de aplicación (inyecciones).

3) Los fungicidas utilizados poseen cierta fitotoxicidad, lo que limita la dosis de inyección. Esto hace que muchas veces no se consiga matar al patógeno. Además, el olmo queda debilitado tras la aplicación del producto, lo que le hace más vulnerable frente a los escoltidos.

4) Las inyecciones obligan a realizar una serie de heridas en el tronco. Como consecuencia de tales heridas, se han observado decoloraciones y principios de pudrición cerca de los taladros (SHIGO y CAMPANA, 1977). Estos inicios de pudrición, frecuentemente asociados con flujos externos, pueden llegar a comprometer la estabilidad del olmo si se extienden al duramen.

5) La efectividad del producto sólo dura un tiempo limitado, lo que obliga a realizar periódicos tratamientos si se quiere prevenir la enfermedad. Esto conduce a un círculo vicioso en que se mantiene a un olmo "sano" en base a irlo debilitando cada vez más.

Benomilo, carbendazima (MBC) y tiabendazol (TBZ) han sido los tres principales fungicidas sistémicos que se han utilizado desde 1970 para el control de la grafiosis (ver sus fórmulas desarrolladas en la Fig. 11).

El benomilo fue el primero en ser ensayado tanto en riegos (HOCK *et al.*, 1970; etc.) como en aplicaciones foliares (HART, 1972) y en inyecciones (Mc WAIN *et al.*, 1971; CAMPANA, 1972; etc.). Los resultados de estos ensayos

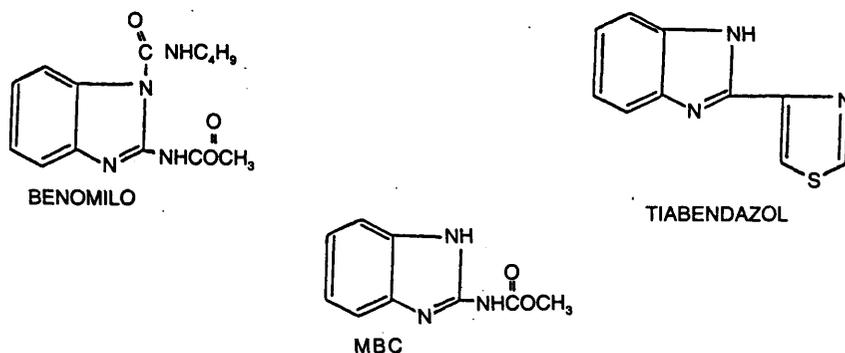


Fig. 11.—Fórmulas químicas de la materia activa de los tres principales fungicidas sistémicos utilizados contra la grafiosis.

fueron tan sólo esperanzadores. Además, algunos aislamientos de grafiosis mostraron cierta tolerancia a este compuesto (CAMPANA *et al.*, 1977).

Posteriormente ha sido el MBC el más estudiado (KONDO *et al.*, 1975; GREGORY, 1976; etc.), pero sus propiedades preventivas y terapéuticas también parecen ser bastante limitadas. De acuerdo con ELLISTON y WALTON (1979), el MBC-PO₄ tiene una persistencia en el árbol inferior a un año. Olmos inyectados en primavera no incluyen cantidades detectables de MBC a la primavera siguiente. Tan sólo se consigue que el producto perdure durante el invierno si se inyecta poco antes de la abscisión de las hojas en otoño. Ello obliga a tratamientos anuales si se quiere usar el fungicida con carácter preventivo (KONDO, 1977). Desde el punto de vista terapéutico, el MBC tampoco ofrece buenas propiedades. En ensayos de campo con olmos adultos enfermos se suele prolongar la vida de éstos en unos dos años, pero generalmente terminan muriendo (ANONYMUS, 1978). Además, han aparecido ciertas cepas mutantes que toleran altas concentraciones de este fungicida (BRASIER y GIBBS, 1975; NISHIJIMA y SMALLEY, 1979). Una consecuencia inmediata a extraer es el riesgo que se corre de ir seleccionando cepas tolerantes que hagan los tratamientos totalmente inefectivos.

En la actualidad es el tiabendazol el fungicida más usado en el tratamiento de la grafiosis.

Su eficacia curativa, así como su persistencia en el árbol parecen ser bastante superiores a las del MBC. Si nos atenemos a los ensayos de GREIG y COXWELL (1983), la recuperación de olmos afectados incipientemente (menos del 5% de marchitez) por medio de inyecciones con tiabendazol es posible en un 83,8% de los casos, mientras que si no se actúa el número de olmos recuperados es solo del 8,7%. De acuerdo con los mismos autores, el fungicida puede ser detectado en las ramillas después de haber transcurrido uno y hasta dos años del tratamiento.

Desde el punto de vista meramente práctico, y pese a que las casas comerciales digan lo contrario, el tiabendazol no debe usarse con carácter preventivo, sino únicamente con fines curativos o terapéuticos: ¡para prevenir lo que hay que hacer es sanear exhaustivamente, y no "martirizar con pinchazos o taladros a los pobres olmos"! El tiabendazol tiene unos inconvenientes y efectos secundarios que ya han sido comentados anteriormente. Por ello sólo debe ser usado en casos de necesidad, es decir: cuando un olmo singular enferme. La importancia de una temprana detección vuelve a ponerse aquí de manifiesto, puesto que solo olmos afectados incipientemente tienen posibilidades de sanar con ayuda del fungicida.

GREIG (1986) aconseja trabajar con preparados de tiabendazol al 0,3%. La cantidad a inyectar es función del tamaño (diámetro) del árbol; por cada 30 cm. de diámetro a la altura

del pecho se han de inyectar 20 litros de preparado (es decir, 60 gr. de tiabendazol). Estas cifras se refieren a tratamientos terapéuticos y son válidos en olmos que no hayan sido podados o desmochados previamente. En este último caso hay que disminuir la dosis a inyectar para evitar marchitamientos y defoliaciones por fitotoxicidad.

Para conseguir una buena distribución del producto dentro del árbol hay que inyectar éste a través de numerosos taladros. La correcta realización de los mismos (diámetro, profundidad, localización, número, etc.), así como la asepsia en la operación son fundamentales para el éxito del tratamiento. Aquí conviene indicar que los dispositivos de inyec-

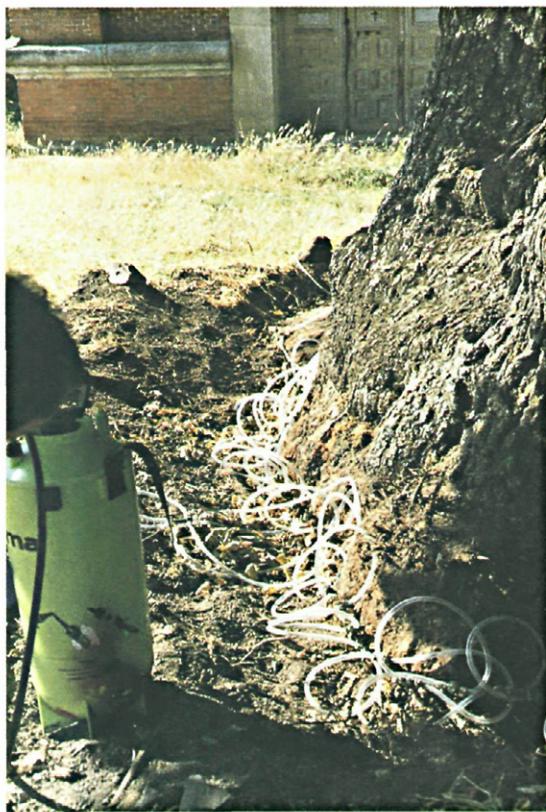


Fig. 12.—La inyección con fungicidas sistémicos (Tiabendazol) debe utilizarse en olmos singulares y con fines curativos preferentemente, ya que es un tratamiento costoso que produce algunos efectos negativos en el árbol. (Foto S. SORIA).

ción se están tratando de perfeccionar continuamente. La última mejora de que tenemos noticia se debe a ELLMORE y PHAIR (1984 y 1987).

A la hora de curar un olmo con grafiosis se puede combinar la poda con el uso de fungicidas (CAMPANA y GREGORY, 1976). De esta manera se pueden llegar a salvar olmos que estén afectados en un 25 ó un 30% de su copa (GREGORY *et al.*, 1979). De acuerdo con estos autores el método más eficaz consiste en podar las ramas afectadas con un amplio margen de seguridad e inyectar el fungicida tanto en el tronco como en las ramas principales del olmo enfermo. (Nota: en estos estudios se utilizó el MBC como fungicida.)

No queremos concluir este apartado sin indicar que actualmente se están haciendo enormes esfuerzos por hallar nuevos fungicidas sistémicos que sean más efectivos contra la grafiosis. En tal sentido apuntan ciertos hallazgos, como por ejemplo el descubrimiento de fitoalexinas en olmos afectados por la enfermedad (ELGERSMA *et al.*, 1971; DUMAS *et al.*, 1986; etc.). Estas sustancias poseen propiedades antimicóticas por lo que en un futuro pudieran utilizarse como fungicidas sistémicos. Incluso se vislumbra la posibilidad de “vacunar” a los olmos frente a la grafiosis estimulándolos para que fabriquen las fitoalexinas en cantidad suficiente.

Pero no sólo se trabaja en esta línea, que podríamos llamar natural, sino que se siguen ensayando fungicidas sintéticos para resolver el problema de la grafiosis. Las dos últimas materias activas de que tenemos noticia propuestas como solución son el fenpropimorph (1986) y un sulfato de cobre pentahidratado (1987). Habrá que esperar para conocer las posibilidades reales de dichos productos.

POSIBILIDADES DE CONTROL BIOLÓGICO

Hasta la fecha, las tentativas de control biológico de la grafiosis no han dado buenos resultados. Se han producido, eso sí, avances

notables en el conocimiento de ciertos organismos asociados con la grafiosis y los escolítidos, y es de esperar que en un futuro no muy lejano estas investigaciones conduzcan a resultados aplicables en la práctica.

De forma muy esquemática, se puede actuar a nivel biológico según estas dos vías:

- 1) Utilización de enemigos del hongo.
- 2) Utilización de enemigos de los escolítidos.

Las dos posibilidades han sido y están siendo estudiadas. Por ello conviene comentarlas, aunque sólo sea brevemente.

1) Enemigos del hongo

1.1. El factor d

El hongo *Ceratocystis ulmi* presenta una enfermedad causada por un agente desconocido (¿un viroide?) que se propaga a través de la fusión de hifas del hongo. Dicha enfermedad se conoce con el nombre de "factor d".

La enfermedad ocasiona en *C. ulmi* una pérdida en el vigor de su crecimiento, disminuye la tasa de germinación de las esporas en cerca de un 60% y reduce la producción de cuerpos de fructificación (BRASIER, 1983 y 1985). Sin embargo, el hongo posee mecanismos para sanar de la enfermedad. Así, todas las ascosporas parecen verse libres del factor d, al igual que ciertos conidios pese a haber sido originados por micelios enfermos.

En la fase patógena del hongo también se produce una clara selección en favor de hifas y conidios sanos, como lo prueba el hecho de que cepas agresivas enfermas que se inyectan en olmos son después re-aisladas del xilema completamente sanas (BRASIER, 1986).

En cualquier caso, el factor d puede ejercer su acción patógena en tres puntos del ciclo del hongo:

- i) En invierno, durante su fase saprófita en la corteza de los olmos enfermos.
- ii) Cuando las esporas de *C. ulmi* se encuentran en el tegumento de los escolítidos.
- iii) En la breve fase saprófita del hongo, previa a la infección del xilema.

En estas tres etapas, el factor d tiene buenas oportunidades para propagarse (BRASIER, 1986).

Las posibilidades de control de la grafiosis por medio de esta enfermedad están aun poco estudiadas y de momento no parecen factibles.

1.2. Organismos antagonistas

Son numerosas las especies que han mostrado propiedades antagónicas al *Ceratocystis ulmi* in vitro, pero, en cambio, sus posibles aplicaciones prácticas no terminan de cuajar.

Se ha trabajado con especies del género *Pseudomonas* y se ha visto que producen una fuerte reacción antimicótica en cultivos de *C. ulmi*. Como STROBEL y LANIER (1981) han sugerido que tras la inoculación en los olmos estas bacterias continúan viviendo y producen in situ tal antagonismo, se han realizado numerosos ensayos en este sentido. Hasta ahora, los ensayos demuestran que con la inoculación de *Pseudomonas* no se consigue prevenir la enfermedad a los olmos y que tampoco surte buenos efectos terapéuticos (SHI y BRASIER, 1986). Al parecer, las *Pseudomonas* subsisten dentro del xilema del olmo, pero se difunden muy escasamente por la savia.

También se ha sugerido que el hongo *Trichoderma viride* Pers. ex S. F. Gray pudiera ser efectivo para controlar la grafiosis (RICHARD, 1983). Basados en esa premisa, investigadores franceses, ingleses y alemanes han inoculado *Trichoderma* en olmos y han demostrado que su acción no afecta a los niveles de la enfermedad. ZIMMERMANN (1985) ha llegado a los mismos resultados, no habiendo advertido ninguna eficacia, ni tan siquiera en pequeños olmos tratados.

1.3. Competidores

Muchas especies compiten por colonizar en primer lugar la corteza y el floema de olmos debilitados. Todos estos organismos pueden servir para desplazar a *C. ulmi* de dicho hábitat. Algunos de ellos han mostrado además

ciertas propiedades perjudiciales para las larvas de los escolítidos. Así, por ejemplo: *Fusarium solani* (Mart.) Appel et Wr. (BARSON, 1976) o *Phomopsis oblonga* (WEBER, 1981). Este último hongo reduce los niveles de humedad y de nutrientes en la corteza, impidiendo el normal desarrollo de los escolítidos. De acuerdo con FAIRHURST (1985), en el norte de Inglaterra y en Escocia *Phomopsis oblonga* es probablemente la principal causa de reducción del nivel de escolítidos en *Ulmus glabra* Hudson. Esto se ha traducido en una tasa significativamente más baja de difusión de la grafiosis.

Desde un punto de vista teórico, el mejor competidor de la grafiosis puede ser ella misma. BRASIER (1986) propone crear una cepa nueva de *Ceratocystis ulmi* con baja capacidad patogénica que sea capaz de desplazar a las razas agresivas. Para ello esta nueva raza, a crear en laboratorio, ha de poseer ciertas propiedades que el autor refleja en el aludido artículo. De momento, se trata de una hipótesis de trabajo, pero el tiempo podría hacerla realidad.

2) Enemigos de los escolítidos

Algunos hongos y bacterias han sido descritos como patógenos de los escolítidos del olmo (DOANE, 1959 y 1960; HOULE *et al.*, 1987; etc.), pero ninguno de los hasta ahora descubiertos permite concebir esperanzas. Se trata de organismos que sólo pueden producir epizootias en condiciones muy particulares.

Otros mecanismos biológicos que actúan sobre las poblaciones de escolítidos son los fenómenos de parasitismo y predación. Es innegable que ciertos insectos (sobre todo himenópteros), así como nematodos y ácaros inciden desfavorablemente en las poblaciones de escolítidos. Sin embargo, su utilización masiva no parece viable por el momento. Esto no significa que no se haya introducido alguno de estos parásitos y predadores en lugares donde no existían previamente (p. ej., *Dendroster protuberans* Nees en Estados Unidos (KENNEDY, 1970)).

CONTROL INTEGRADO

El concepto de control integrado se ha popularizado recientemente en la lucha contra la grafiosis. Consiste en integrar varias de las técnicas vistas hasta ahora en un mismo programa de actuación. Su objetivo es minimizar las pérdidas dentro de los límites que imponen la especie hospedante, los vectores, la cepa del hongo, el ambiente y los recursos económicos disponibles.

La medida fundamental en cualquier programa de control integrado es el saneamiento, sin el cual todo esfuerzo es inútil. Dicha actuación se implementa después con otras técnicas de acuerdo con la situación específica de cada caso: tratamientos con insecticidas, prevención de las raíces-puente, uso de feromonas, aplicación de fungicidas sistémicos, etc.

Con el fin de poder valorar la eficacia de un determinado programa de control, hay que conocer la evolución de una olmeda abandonada a su suerte. Para ello, se da la Fig. 13:

Si nos atenemos a los datos de CANNON *et al.* (1976), válidos para el *Ulmus americana* L., después de transcurridos 10 años, menos del 25% de los olmos iniciales estarán vivos si no efectuamos control alguno. En cambio, con un programa de control integrado óptimo las pérdidas pueden llegar a ser muy escasas (93% de los olmos subsisten a los 10 años).

Estos datos son bastante comedidos, pues han sido obtenidos con valores promedio. Así, existen programas de control que tienen una tasa anual de pérdidas del 0,5% (KARNOSKY, 1978). A su vez, se describen casos en que olmedas han sido fulminadas en un solo período vegetativo.

CONSIDERACIONES FINALES

Una vez vistas todas las técnicas preventivas y terapéuticas para el control de la grafiosis agresiva y antes de concluir este trabajo, queremos dar algunos consejos prácticos a modo de resumen.

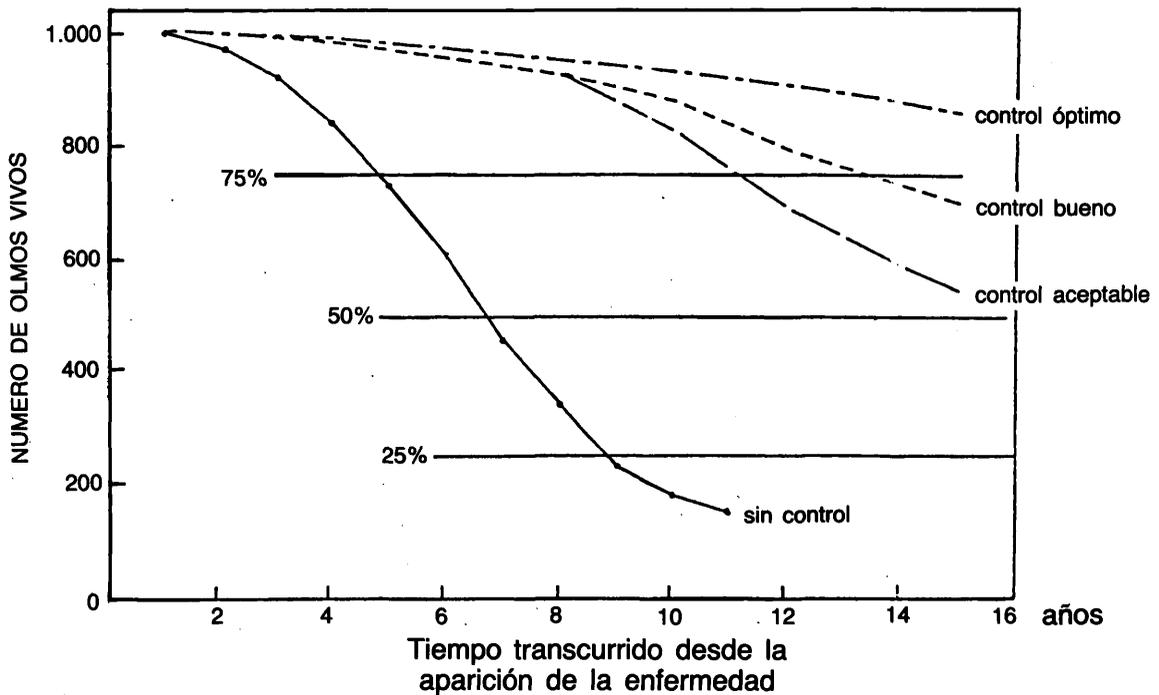


Fig. 13.—Evolución de una olmeda con grafiosis agresiva según la intensidad de control que se aplique. (Fuente: Cannon, *et al.*, 1976).

En primer lugar debemos indicar que —por desgracia— nuestros olmos dejan de ser viables por sí mismos ante la llegada de las cepas agresivas. Ello obliga a un permanente esfuerzo en la olmeda una vez ha irrumpido la enfermedad. En caso contrario y a los pocos años la olmeda pasará inexorablemente a mejor vida, lo que en ciertos casos (con olmedas u olmos excepcionales) debe evitarse a toda costa. Queremos enfatizar de nuevo que el control de la grafiosis agresiva es posible, como lo prueban numerosos programas de control que han resultado exitosos en Canadá, EE.UU. o Inglaterra. El secreto del éxito en tales programas estriba en un riguroso y permanente saneamiento, completado con otras técnicas de control (destrucción de raíces-puente, uso de insecticidas, fungicidas, feromonas, etc.) que contribuyen a mejorar los resultados. Estos llegan a ser muy satisfacto-

rios pues se consiguen mortandades inferiores al 1% anual, cifra que puede considerarse normal en una olmeda adulta. Pero para lograr tales resultados hacen falta conocimientos, medios económicos y materiales, una fuerte tenacidad y perseverancia así como un equipo técnico estable que asegure la constancia del programa de control a lo largo del tiempo. Sin estos requisitos difícilmente se puede abordar un problema tan delicado con garantías de éxito. De ahí que la mayor parte de los programas de control de la grafiosis agresiva en el mundo hayan fracasado.

Se trata, en efecto, de una enfermedad única por sus características en cuanto a virulencia y complejidad. Requiere por ello de un tratamiento especial. Una pequeña relajación en el seguimiento y control de la grafiosis agresiva puede resultar fatal para la olmeda, por muy poco que se haya bajado la guardia.

La progresión de la enfermedad es tan veloz que un pequeño descuido puede dar al traste con todo el programa de control. De ahí lo importante de disponer de un equipo humano responsable, preparado y mentalizado frente a este singular problema. Para mantener una olmeda sana hay que procurar detectar todos y cada uno de los focos de grafiosis agresiva: Se trata de una guerra a muerte contra los escolítidos y el hongo. La detección de los focos y su inmediata eliminación es una tarea que precisa de vigilantes y podadores expertos que han de estar debidamente concienciados sobre la importante de su trabajo.

Quizás convenga hacer un alto en el camino, pues hemos supuesto que la grafiosis agresiva ha alcanzado a la olmeda que queremos salvar. En España existen aún (1988) muchísimas olmedas libres de tan funesta enfermedad. En tales olmedas lo que hay que hacer es evitar que llegue la enfermedad. Para ello, y si la olmeda lo merece por su valor, se deben seguir ciertas normas preventivas que son muy eficaces: Dado que la capacidad de vuelo de los escolítidos es escasa y generalmente inferior a los once kilómetros (VON KEYSERLINGK, 1982) conviene establecer una franja de seguridad de al menos esa distancia alrededor de la olmeda a proteger. En esta franja se deben eliminar todos los olmos existentes. Una vez establecida la zona de seguridad, la grafiosis y los escolítidos no podrán acceder a la olmeda puesto que la barrera les resultará del todo infranqueable, a no ser que el hombre coopere con la difusión de la enfermedad. Esta cooperación entre el hombre y la grafiosis es muy estrecha aunque parezca increíble: El transporte de trozas y leñas de olmo sin descortezar supone el único sistema que tiene la grafiosis para salvar grandes distancias. Conscientes de esta realidad lo que hay que hacer para evitar que la enfermedad salte la franja de seguridad es localizar las industrias y actividades que puedan utilizar madera de olmo dentro de la zona a proteger (serrerías, almacenes de leña, fábricas de muebles, madereros, etc.). Estas industrias deben ser visi-

tadas (por no decir, vigiladas) con objeto de que no compren trozas de olmos sin descortezar. Intentar concienciar a los dueños de dichas industrias sobre la problemática de la grafiosis es una tarea muy conveniente, ya que su colaboración es fundamental. Medidas más tajantes, como la prohibición del transporte de madera de olmo con corteza, ayudan a conseguir los fines que aquí se persiguen pero deben ir acompañadas de una explicación para que la población las asuma de buen grado. En resumen: interesa integrar a todos en la lucha contra la propagación de la grafiosis agresiva a la vez que conviene aprovechar el carácter de islas que tienen nuestras olmedas e, incluso, potenciar dicho carácter.

Pero volvamos al caso de la olmeda que ha sido alcanzada por una cepa agresiva: ¿Merece la pena abordar un programa de control o es mejor dejarla morir? Puesto que la suposición de que una olmeda con grafiosis agresiva no tiene salvación es errónea (y muy cómoda), para contestar a la pregunta hay que basarse en consideraciones técnicas y económicas exclusivamente; ¿Cuánto vale la olmeda? ¿Cuánto cuesta el programa de control? ¿De qué medios técnicos y económicos se dispone?

Aunque cada caso particular precisa de un estudio concreto vamos a dar ciertos datos que pueden servir de orientación. En la tabla 1 se indican los precios de las principales materias activas que se usan en el control de la grafiosis.

Tabla 1.—Precios aproximados (1988) de las materias activas para el control de la grafiosis.

Tiabendazol (al 22%)	8000 pts/l.
Metoxicloro (al 25%)	750 pts/l.
Lindano (al 90%)	2000 ptas/Kg.
Feromona de escolítidos	900 pts/unidad
Metam-Sodio (al 40%)	115 pts/l.

En la tabla 2 se refiere una lista del equipo material necesario para el control de la enfermedad:

Tabla 2.—Precios aproximados de materiales y equipo para el control de la grafiosis.

Motosierra para poda; (40 cc. y 4 Kg. de peso, espada de 40 cm.)	50.000 ptas/unidad
Equipo de seguridad; (casco con pantalla protectora, orejeras, guantes, etc.)	6.000 pts/equipo
Equipo para inyectar; (boquillas, gomas, cubas)	7.000 a 50.000 pts/equipo
– boquillas	250 pts/unidad
– cuba de presión por gravedad .	5.000 pts/unidad
– equipo Tecnomá (10 l.)	16.000 pts/unidad
– cuba de presión (50 l.)	45.000 pts/unidad
Alquiler de una grúa con plataforma elevadora (h = 20 m.)	40.000 pts/día
Alquiler de un tractor con subsolador	2.000 pts/hora
Alquiler de máquina para tratamientos terrestres	70.000 pts/día
Alquiler de un helicóptero	300.000 pts/hora

Respecto del equipo humano se pueden hacer pocas precisiones, pero en todo caso se requiere de personal motivado e instruido en el tema. Para una olmeda extensa (de unos mil árboles adultos) con tres operarios debe de bastar. Uno de estos operarios ha de conocer la olmeda así como la sintomatología de la enfermedad con precisión. Este operario será el encargado de vigilar la olmeda durante el período vegetativo haciendo un recorrido exhaustivo de la misma (olmo a olmo) cada semana y dando la voz de alarma en el caso que se detecten focos de la enfermedad. Los otros dos operarios pueden ser motoserristas o podadores y están encargados del saneamiento en sí (eliminación del material enfermo). Las demás tareas complementarias (destrucción de raíces-puente, aspersiones con insecticidas, inyecciones con fungicidas, etc.) pueden ser igualmente realizadas por los tres operarios anteriores, todo ello coordinado y dirigido por un experto. En numerosos parques se dispone de por sí de un equipo humano suficiente para abordar este problema. Bastará con incentivar a las personas que se encarguen del control de la grafiosis, en justa compensación por el trabajo extra que realizan.

En olmedas de gran valor, y como complemento al saneamiento, se deben realizar varios tratamientos con metoxicloro al año. Las feromonas pueden emplearse como trampas vigía que nos indiquen los momentos más oportunos para realizar estos tratamientos. Si los olmos tienen un porte elevado (20 o más metros) los tratamientos terrestres no alcanzan a las guías por lo que pueden hacer falta tratamientos aéreos.

Para olmos singulares y ante la eventualidad de que puedan enfermar, se deberá disponer de tiabendazol así como del equipo necesario para su aplicación. Se aconseja hacer un tratamiento combinado de poda instantánea e inyección con fungicida. La inyección debe aplicarse en el cuello de la raíz, pero también puede inyectarse una pequeña dosis cerca de la zona podada para que el fungicida llegue más rápidamente al lugar enfermo (GREGORY *et al.*, 1979).

La utilización de abonos foliares, aunque controvertida, puede revitalizar olmos debilitados por la enfermedad y las podas.

Si el marco de plantación es inferior a 15 metros el peligro de contagio de la enfermedad a través de las raíces es importante y debe ser evitado. Olmos con grafiosis generalizada han de apearse con prontitud. Ante la más mínima sospecha de que la grafiosis ha penetrado en el tocón se procederá a un subsolado profundo alrededor del olmo enfermo. Esta medida tiene suma importancia como se indicó anteriormente.

Surge la pregunta de si merece la pena abordar un programa de control semejante, pues va a haber que estar a pie de guerra constantemente si se quiere que la olmeda subsista. Nosotros pensamos que sí: Hay olmos de tanto valor que, sencillamente, no se los puede dejar morir. Además, no conviene olvidar que se están realizando enormes esfuerzos por encontrar una solución mejor y menos engorrosa al problema de la grafiosis agresiva. Es de esperar que en un futuro próximo surjan tratamientos realmente cómodos y sencillos para controlar esta enfermedad, de manera

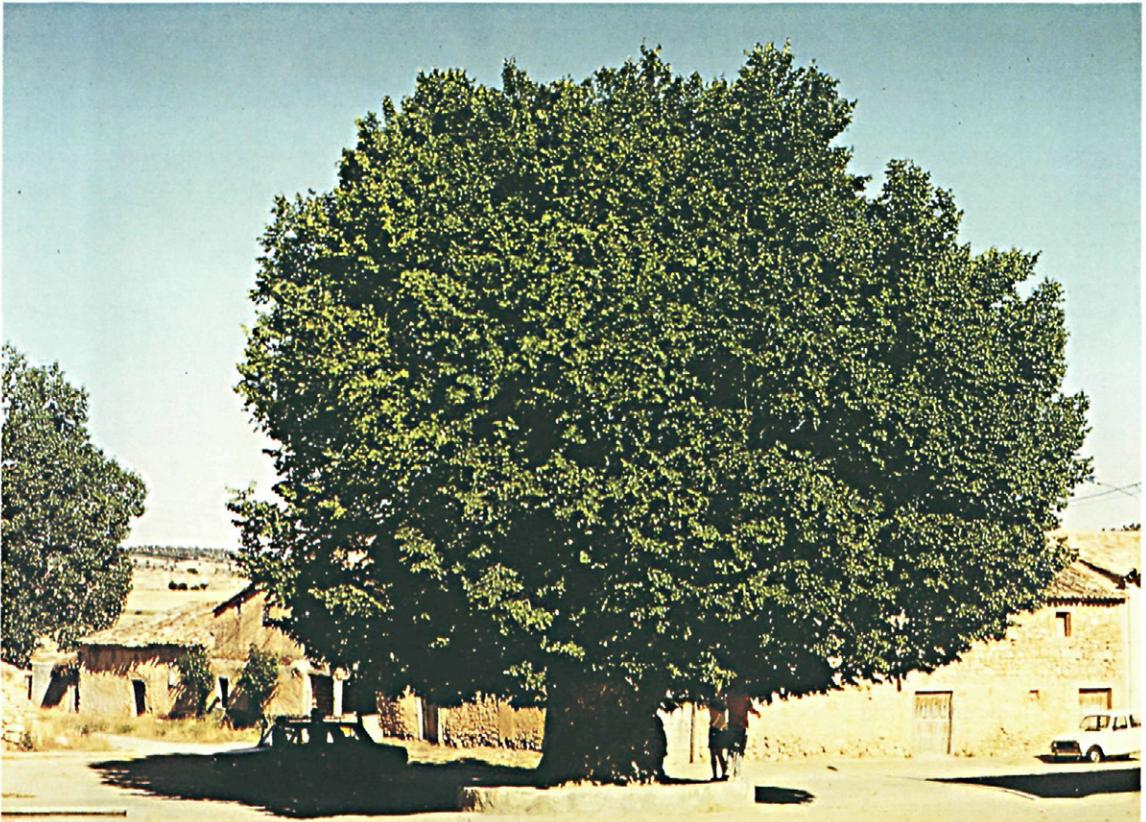


Fig. 14.—Ejemplo de un olmo centenario perdido en un recóndito pueblo castellano: su muerte está ya muy cercana a no ser que el hombre quiera evitarlo.

que alcanzado ese momento se podrá relajar el sistema de control. Y el esfuerzo habrá merecido la pena puesto que podremos ofrecer a nuestras futuras generaciones unos olmos centenarios soberbios, fruto de nuestro tesón y valentía.

El sentido económico de la actitud puede parecer a simple vista escaso, pero a poco que se profundice en el tema se verá que no es así: Imaginemos un olmo que vive tranquilo, ajeno al drama que padecen sus congéneres, situado en la plaza de uno de nuestros incontables pueblos castellanos, centenario y aislado, con los pequeños achaques que siempre trae la edad pero —por lo demás— sano como un roble, centro de reunión de los lugareños tras la obligada siesta del verano, testigo impertur-

nable de quien sabe cuántos sucesos apreciados en el recuerdo de sus vecinos... Pretender valorar semejante institución es poco menos que imposible y, desde luego debería estar penalizado por la ley.

Amparados por un excelente trabajo de LÓPEZ ARCE y DEL ALAMO (1975), nosotros nos hemos atrevido a valorar este olmo, considerando los bienes intangibles que aporta a la comunidad. De acuerdo con el aludido trabajo, el valor total de un árbol singular se obtiene a partir de siete índices:

$$V = A * B * C * D * E * F * f$$

en donde,

A = Factor de especie (Función de las dificultades de reproducción y cultivo).

B = Valor estético y funcional, y estado sanitario.

C = Factor de situación (función del emplazamiento del árbol y del tamaño del núcleo urbano).

D = Índice de rareza de la especie.

E = Índice de singularidad del ejemplar.

F = Relación edad/diámetro ($F = e^2/d$).

f = Factor de actualización de precios.

Al particularizar para nuestro caso se tiene:

A = 1,5 (El olmo es fácil de reproducir en vivero).

B = 10 (Se trata de un ejemplar aislado, destacable, sano y no mutilado por podas).

C = 3 (Se encuentra nuestro olmo en la Plaza Mayor de un pequeño pueblo castellano).

D = 10 (Con el paso del tiempo un olmo centenario va a ir siendo cada vez más escaso).

E = 2 (Por su valor popular, cultural e histórico).

F = $e^2/d = 250^2/12$ (olmo de 250 años y con diámetro de 12 decímetros).

f = $P(1988) / P(1975) = 1380/225 = 6,133$ (factor obtenido en base a la comparación de los precios en vivero de 1975 y 1988 de cinco especies características).

$$V = 1.5 * 10 * 3 * 10 * 2 * 250^2/12 * 6,133$$

$$V = 28.750.000 \text{ pesetas}$$

Dejar que olmos semejantes mueran cuando se puede evitar es imperdonable. Y no sólo hay que intentar que sobrevivan sino que hay que conseguirlo.

Con la esperanza de que nuestro mensaje llegue a tiempo y contribuya a cambiar la opinión fatalista que rodea a la grafiosis agresiva para bien de los olmos ofrecemos esta recopilación bibliográfica.

ABSTRACT

MARTINEZ DE AZAGRA, A., IPINZA, R., MONTEAGUDO, F.J. and GIL SANCHEZ, L., 1988: Técnicas para el tratamiento preventivo y curativo de la enfermedad de la grafiosis agresiva. *Bol. San. Veg. Plagas* 14 (4): 567-593.

This present work tries to give an actual and real point of view about Dutch elm disease control.

We offer a detailed description of the control techniques that exist nowadays. Special remarks on those which seem to be more efficient for the spanish elms are included.

Key words: Dutch elm disease, integrated control, sanitation, cutting of root grafts, insecticides, pheromones, fungicides.

REFERENCIAS

- ALHER, L., 1980: Early, previsual thermal imagery detection of Dutch elm disease. *Phytopathology*, 70 (7).
- ANONYMUS, 1938: Elm disease eradication in the United States. *Chron. Bot.* 4, p. 429-432.
- ANONYMUS, 1978: Fungicide injection against Dutch elm disease. Forestry Commission Department. Paper n.º DD38.
- BAKER, F. y FRANK, D., 1985: Economic effectiveness of operational therapeutic pruning for control of Dutch elm disease. *J. of Arboriculture*, 11 (8), p. 247-249.
- BARGER, J., 1976: Dutch elm disease and Methoxychlor. USDA. Forest Service Research. Paper NE-353.
- BARGER, J., 1977: Improved sanitation practice for control of Dutch elm disease. USDA. Forest Service Research. Paper NE-386.
- BARGER, J., 1984: Evaluation of hidraulically applied methoxychlor to protect American elms for feeding by the smaller European elm bark beetle (*Coleoptera: Scolytidae*). *Journal Econ. Entomol.* 77, p. 794-797.
- BARGER, J., CANNON, W. y WORLEY, D., 1982: Dutch elm disease control: Sanitation improved by girdling infected elms. *J. of Arboriculture*, 8 (5), p. 124-128.
- BARSON, G., 1976: *Fusarium solani* (Fungi), a weak pathogen of the larval stages of the large elm bark beetle, *Scolytus scolytus* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 23 (3), p. 307-309.
- BLANCHARD, R., y CARTER, J., 1980: Electrical resistance measurements to detect Dutch elm disease prior to symptom expression. *Can. J. For. Res.* 10, p. 111-114.

- BLIGHT, M., WADHAMS, L. y WENHAM, M., 1979: Chemically mediated behavior in the large elm bark beetle, *Scolytus scolytus*. *Bul. of Entomol. Soc of America*, 25 (1), p. 122-124.
- BORDEN, J. y KING, C., 1977: Population aggregation of *Scolytus scolytus*. Forestry Commission Research & Development Paper 118. 8 pags.
- BRASIER, C., 1983: A cytoplasmatically transmitted disease of *Ceratocystis ulmi*. *Nature*, London 305, p. 220-223.
- BRASIER, C., 1986: *The d-factor in Ceratocystis ulmi: its biological characteristics and implications for Dutch elm disease*. Fungal Virology. K. W. Buck Ed. C.S.U. Press, Florida.
- BRASIER, C., 1986: The population biology of DED: its principal features and some implications for other hostpathogen systems. *Advances in Plant Pathology*, 5, p. 53-116.
- BRASIER, C. y GIBBS, J., 1975: M.B.C. tolerance in aggressive and nonaggressive isolates of *Ceratocystis ulmi*. *Annals of Applied Biology*, 80, p. 231-235.
- BRAUN, H., VANSELOW, G. y KHALISY, M., 1978: Die mögliche Verbreitung des Ulmensterbens durch Wurzelverwachsungen bei *Ulmus carpinifolia* Gled. *Europ. J. of For. Path.* 8 (3), p. 146-154.
- BURDEKIN, D., 1976: Dutch elm disease: Sanitation Program in Britain. IUFRO Working Part on DED, Oslo, Norway, 4 pags.
- BYERS, J., SVIHRA, P. y KOEHLER, S., 1980: Attraction of elm bark beetles to cut limbs on elm. *Journal of Arboriculture*, 6 (9), p. 245-246.
- CAMPANA, R., 1972: Evaluation of pressure-injected solubilized benomyl as a therapy for American elms naturally inoculated by native elm bark beetles with Dutch elm disease fungus. University of Maine. N.º R-950-401, 11 pgs.
- CAMPANA, R., 1977: Limitations of chemical injection to control Dutch elm disease. *J. of Arboriculture*, 3 (7), p. 127-129.
- CAMPANA, R., 1979: Characteristics of successful systemic chemicals. Proc. of National Symposium on Systemic Chemical Treatments in Tree Culture, USA.
- CAMPANA, R. y PRATT, A., 1972: Inhibition of movement of *Ceratocystis ulmi* in elm stems by wounding. *Phytopathology*, 62 (7) Abstract.
- CAMPANA, R. y GREGORY, G., 1976: Dutch elm disease control by pressure injected solubilized MBC-HCl and excision of infected branch system. *Proc. Am. Phytopath. Soc.* 3, 324.
- CAMPANA, R. y SCHAFER, B., 1977: Tolerance of the Dutch elm disease fungus *Ceratocystis ulmi* to solubilized benomyl. *J. of Arboriculture*, 3 (6), p. 108-113.
- CAMPANA, R., 1977: Some essential aspects of Dutch elm disease control. *Nat Arborist. Assoc. Symp. N.º 1*, p. 42-53.
- CANNON, W. y WORLEY, D., 1976: DED: Performance and costs. USDA, Forest Service Research. Paper NE-345.
- CANNON, W., BARGER, J. y WORLEY, D., 1977: DED: Intensive sanitation and economics. USDA. For. Serv. Res. Paper. NE-387.
- CANNON, W. y WORLEY, D., 1980: Performance and costs. Cost updated to 1979 and reaffirmed. USDA. For. Serv. Res. Paper NE-457.
- CANNON, W., BARGER, J. y WORLEY, D., 1982: Dutch elm disease control: Economics of girdling diseased elms to improve sanitation performance. *J. of Arboriculture*, 8 (5), p. 129-135.
- CANNON, W., BARGER, J. y GROTH, L., 1985: Seasonal detection of visible Dutch elm disease symptoms. *Journal of Arboriculture* 11 (8), p. 233-235.
- COLLINS, C., BUCHANAN, W., WHITTEN, R. y HOFFMAN, C., 1936: Bark beetles and other possible insect vectors of the Dutch elm disease *Ceratostomella ulmi* (Schwarz) Buisman. *J. Econ. Entomol.* 29, p. 169-176.
- CUTHBERT, R., LINCOLN, A., BARGER, J. y REED, P., 1973: Formulation and application of methoxychlor for elm bark beetle control. USDA. Forest Service Research. Paper NE-283, 6 pags.
- DOANE, C., 1959: *Beauveria bassiana* as a pathogen of *Scolytus multistriatus*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 52, p. 109-111.
- DOANE, C., 1960: Bacterial pathogens of *Scolytus multistriatus* as related to crowding. *J. Insect. Path.* 2, p. 24-29.
- DOANE, C., 1962: Evaluation of insecticides for control of smaller European bark beetle. *J. Econ. Entomol.* 55, p. 414-415.
- DOOLEY, H., 1980: Methods for evaluating fungal inhibition and barrier action of tree wound paints. *Plant Disease*, p. 465-468.
- DUMAS, M., STRUNZ, G., HUBES, M. y JENG, R., 1986: Inhibition of *Ceratocystis ulmi* by mansonones A, C, D, E, F and G isolated from *Ulmus americana*. *Eur. J. of Forest Pathology* 16 (4), p. 217-222.
- ELGERSMA, D. y OVEREEN, J., 1971: The relation of mansonones to resistance against Dutch elm disease and their accumulation as induced by several agents. *Neth. J. Pl. Path.* 77, p. 168-174.
- ELLISTON, J. y WALTON, G., 1979: Distribution and persistence of methyl-2-benzimidazole carbamate phosphate injected into American elms in late spring or early fall. *Phytopathology* 69 (12), p. 1235-1239.
- ELLMORE, G. y PHAIRE, W., 1987: Status of elm preservation in New England. *Rhodora* 89 (857), p. 27-33.
- FAIRWEATHER, S., MERGEN, M. y FRENCH, D., 1978: The use of CIR serial photography for Dutch elm disease detection. Symposium on Remote Sensing for Vegetation Damage Assessment. Seattle. Washington, 548 pags.
- GIBBS, J., BURDEKIN, D. y BRASIER, C., 1977: Dutch elm disease. Forestry Commission. Forest Record 155, 12 pgs.
- GIBBS, J., HOUSTON, D. y SMALLEY, E., 1979: Artículo en *Phytopathology* n.º 69, pags. 1215-1219.
- GILBERT, B., BAKER, J. y NORRIS, D., 1967: Juglone (5-hydroxy-1,4-naphthoquinone) from *Carya ovata*, a deterrent to feeding by *Scolytus multistriatus*. *J. Insect. Physiol.* 13, p. 1453-1459.
- GREGORY, G., 1976: Therapy and prophylaxis of Dutch elm disease by pressure injection of methyl 2-benzimidazole carbamate hydrochloride. *Proc. Am. Phytopath. Soc.* 3, 268, N.º 298.
- GREGORY, G., 1977: Perspectives in Dutch elm disease control. *Na. Arborist. Assoc. Symp. N.º 1*, p. 32-35.
- GREGORY, G. y ALLISON, J., 1979: The comparative effectiveness of pruning versus pruning plus injection of trunk and/or limb for therapy of Dutch elm disease in American elms. *J. Arboricult.* 5 (1) p. 1-4.
- GREIG, B. y COSWELL, R., 1983: Experiments with thiabendazole (TBZ) for control of Dutch elm disease. *Arboric. Journ.* 3, p. 119-126.
- GREIG, B. y GIBBS, J., 1983: Control of Dutch elm disease in Britain. En "Research on DED in Europe". *For. Com. Bull.* 60, p. 10-16.
- GREIG, B., 1986: Further experiments with thiabendazole

- (TBZ) for control of Dutch elm disease. *Arboric. Journ.* 10 p. 191-201.
- HAMMERSCHLAG, R. y SOPSTYLE, W., 1975: Investigations of remote sensing techniques for early detection of Dutch elm disease. *Ecol. Ser. Lab. Washington D.C.*, 29 pgs..
- HANULA, J. y BERISFORD, C., 1982: Methyl bromide fumigation destroys broods of the smaller European elm bark beetle (*Coleoptera: Scolytidae*) in elm logs. *J. Econ. Entomol.* 75, p. 688-690.
- HART, J., 1972: Control of Dutch elm disease with foliar applications of benomyl. *Plant Disease Reporter*, 56 (8), p. 685-668.
- HASTINGS, A. y BEROZA, M., 1961: Screening tests of chemical deterrents. *N. F. For. Exp. Stu. Pa.* 156, 13 pgs.
- HEARN, R., 1977: A report on the East Sussex County Campaign to control Dutch elm disease. No publicado. 16 pgs.
- HIMELICK, E., 1977: The current status of Dutch elm disease control in Illinois. *Nat. Arborist. Assoc. Sym. N.º 1*, p. 26-31.
- HIMELICK, E. y CEPLECHA, D., 1976: Dutch elm disease eradication by pruning. *J. Arboricult.* 2 (5), p. 81-84.
- HIMELICK, E., NEELY, D. y TYNDALL, J., 1963: Vapam, a possible preventive of root graft transmission of the dutch elm disease fungus. *Plant Disease Reporter* 47, p. 85-86.
- HOCK, W., SCHREIBER, L. y ROBERTS, B., 1970: Suppression of Dutch elm disease in American elm seedlings by benomyl. *Phytopathology* 60, p. 391-392.
- HOLMES, F., 1978: Nontransmission for *Ceratocystis ulmi* from Dutch elm diseased to healthy American elms by chainsaw. *Proc. Amer. Phytopath. Soc.* 4, p. 224-225.
- HOULE, C., HARTMANN, G. y WASTI, S., 1987: Infectivity of eight species of entomogenous fungi to the larvae of the elm bark beetle, *Scolytus multistriatus*. *J. of the NY Entomological Society* 95(1), p. 14-18 *Amer. Phytopath. Soc.* 4, p. 224-225.
- IPINZA, R. y GIL, L., 1986: Control de la enfermedad de la grafiosis a través de la mejora genética. I Revisión bibliográfica. Fundación Conde del Valle de Salazar, 87 pgs.
- KARNOSKY, D., 1978: The plight of New York's stately elms. *NAHO (New York State Museum)*, 11 (2), p. 2-5.
- KARNOSKY, D., 1979: Dutch elm disease: A review of the history; environmental implications; control and research needs; environmental conservation; 6, N.º 4, p. 311-322.
- KENNEDY, B., 1970: *Dendroster protuberans (Hymenoptera, Braconidae)*, an introduced larval parasite of *Scolytus multistriatus*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 63, p. 351-358.
- KENNEDY, B., 1979: The effect of multilure on parasites of the European elm bark beetle, *Scolytus multistriatus*. *Bulletin of the Society of America* 25 (1), p. 116-118.
- KENNEDY, B., 1984: Effects of multilure and its components on parasites of *Scolytus multistriatus (Coleoptera, Scolytidae)*. *J. Chem. Ecol.*, p. 373-385.
- KONDO, E. y HUNTLEY, G., 1975: Calculation of injection dosages and prediction of injection period for flexibility in effective control of Dutch elm disease with MBC-phosphate solution. *Can. For. Serv. Sault. Ste. Marie*, 8 pgs.
- KONDO, E., 1977: A six years summary of four years of field experiments with MBC-P solutions to control Dutch elm disease. *Can. For. Serv. Bi-mon. Res. Note* 33, p. 22-24.
- LAMDIN, J., EIKENBARY, R. y STURGEON, E., 1969: Biology and feeding habits of the smaller European elm bark beetle on American elm trees treated with bidrin. *J. Econ. Entomol.* 62, p. 640-643.
- LANIER, G., SILVERSTEIN, R. y PEACOCK, J., 1976: Attractant pheromone of the European elm bark beetle (*Scolytus multistriatus*): isolation, identification, synthesis and utilization studies. En "Perspectives in Forest Entomology". J. F. Anderson y H. K. Kaya Ed., p. 149-175.
- LANIER, G. y JONES, A., 1985: Trap trees for elm bark beetles. Augmentation with pheromone baits and chloropyrifos. *J. Chem. Ecol.* 11, p. 11-20.
- LILLESAND, T., MEISNER, D., FRENCH, D. y JOHNSON, W., 1981: Evaluation of digital photographic enhancement for Dutch elm disease detection. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48 (11) p. 1581-1592.
- LOPEZ ARCE, M. y DEL ALAMO, C., 1975: El cálculo de indemnizaciones derivadas de la pérdida de árboles ornamentales. *Bol. Est. Central de Ecología* 4 (7), p. 3-19.
- MARK, D., y RENAULT, T., 1985: The Dutch elm disease program works! Annapolis County: a case study. Technical Note. Mari times Forest Research Centre n.º 132, 7 pgs.
- MARTINEZ, J., 1945: El estado actual del problema de la grafiosis del olmo. *Rev. Montes*, n.º 2, p. 48-57.
- Mc WAIN, P. y GREGORY, P., 1971: Solubilization of benomyl for xilem injection in vascular wilt diseases. USDA. Forest Service Research. Paper NE-234.
- MINKS, A. y VAN DEVENTER, P., 1978: Phenological observations on elm bark beetles with attractant traps in the Netherlands during 1975 and 1976. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* 50 (6) Abstract.
- MIZICKO, J. y STIENSTRA, W., 1977: Dutch elm disease detection. Minnesota tree line. Agric. Ext. Serv. U. of Minnesota, n.º 6.
- MURDOCK, C., CAMPANA, R. y SMITH, W., 1977: Survival of conidia of *Ceratocystis ulmi* in chainsaw oil. *Plant. Dis. Rep.* 61 (5), p. 424-425.
- NEELY, D., 1972: Progression of internal and external Dutch elm disease symptoms. *Plant Disease Rep.* 56 (8), p. 667-671.
- NEELY, D., 1975: Sanitation and Dutch elm disease control. *Proceed. IUFRO Conference, Minneapolis-St. Paul, USA, Sept. 1986*, p. 76-88.
- NEELY, D., 1978: Municipal control of DED in Illinois. *Plant. Dis. Rep.* 62 (2), p. 130-131.
- NISHIJIMA, W. y SMALLEY, E., 1979: *Ceratocystis ulmi* tolerance to methyl-2 benzimidazole carbamate and other related fungicides. *Phytopathology* 69, p. 69-73.
- NORRIS, D., 1960: Systemic insecticidal action in the cortical tissues of elm twigs. *J. Econ. Entomol.* 53, p. 1034-1036.
- O'CALLAGHAN, D., GALLAHER, E. y LANIER, G., 1980: Field evaluation of pheromone-baited trap trees to control elm bark beetle, vector of Dutch elm disease. *Environ. Entomol.* 9, p. 181-185.
- O'CALLAGHAN, D. y ATKINS, P., 1981: Hope for the elm. 2 Towards an integrated programme for the Dutch elm disease. *Arboricultural J.* 5, p. 250-256.
- PAINE, T., BIRCH, M. y MILLER, J., 1984: Use of pheromone traps to suppress population of *Scolytus multistriatus* (Marsham) (*Coleoptera, Scolytidae*) in three isolated communities of elms. *Agric. Ecos. Environ.* 11, p. 309-318.
- PAJARES, J. y GIL, L., 1985: La grafiosis de los olmos. Hoja Divulgadora del M.º de Agricultura n.º 19/85 HD, 23 pgs.
- PAJARES, J., 1987: Contribución al conocimiento de los escolítidos vectores de la grafiosis en la Península Ibérica. (Tesis Doctoral) Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 229 pgs.
- PEACOCK, J., 1973: Research on chemical and biological con-

- trols for the elm bark beetles. Proceed. IUFRO Conference. Minneapolis-St. Paul, USA, P. 18-52.
- PEARCE, G., GORE, W., SILVERSTEIN, R., PEACOCK, J., CUTHBERT, R., LANIER, G. y SIMEONE, J., 1975: Chemical attractants for the smaller European elm bark beetle *Scolytus multistriatus* (Coleoptera, Scolytidae). *J. Chem. Ecol.* 1, p. 115-124.
- PHAIR, W. y ELLMORE, G., 1984: Improved trunk injection for control of Dutch elm disease (*Ceratocystis ulmi*). *Journal of Arboriculture*, 10, p. 273-278.
- PHILLIPSEN, W., y PETERSEN, H., 1979: Identifying elm firewood. Minnesota three line. Agric. Ext. Serv. U. of Minnesota n.º 25.
- RABAGLIA, R. y LANIER, G., 1983: Effects of multilure components on twigcrotch feeding by European elm bark beetles. *J. Chem. Ecol.* 9 (12), p. 1513-1523.
- REXRODE, C. y LOCKYER, J., 1974: Laboratory assay of cacodylic acid and meta-systox-R on *Scolytus multistriatus* and *Pseudopityophthorus* sp. USFS Res. Note 190.
- RICHARD, J., 1983: Field observations on the biocontrol of Dutch el disease with *Trichoderma viride* pellets. *European Journal of Forest Pathology* 13, p. 60-62.
- RILEY, G., 1983: The Dutch elm disease control campaign in Guernsey, Channel Islands, 1976-1981. En "Research on DED in Europe". *For. Com. Bull.* 60, p. 1-4.
- SCOTT, T., KING, C. y WALKER, C., 1974: Trials with insecticide sprays to control elm bark beetles in logs. *Quart. J. Forestry* 68 (2), p. 1-4.
- SCOTT, T. y WALKER, C., 1975: Experiments with insecticides for the control of Dutch elm disease. Forestry Commission Research Station. For. Rec. 105, HMSO, 21 pags.
- SHI, J. y BRASIER, C., 1986: Experiments on the control of DED by infection of *Pseudomonas* species. *Europ. J. For. Path.* 16, p. 280-292.
- SHIGO, A. y CAMPANA, R., 1977: Discolored and decayed wood associated with injection wounds in American elms. *J. Arboricult.* 3 (12), p. 230-235.
- SHIGO, A., y TIPPET, J., 1981: Compartmentalization of American elm tissues infected by *Ceratocystis ulmi*. *Plant Disease*, 65, p. 715-718.
- SINCLAIR, W. y CAMPANA, R., 1978: Dutch elm disease perspectives after 60 years. New York State Agric. Exp. Station, Cornell Univ. Search Agr. 8 (5), *Plant Pathology* 1, 52 pags.
- SMALLEY, E., 1963: Seasonal fluctuations in susceptibility of young elm seedlings to Dutch elm disease. *Phytopathology* 53, p. 846-853.
- STIPES, R., 1977: Concepts and comparative methology in the control of DED. Nat. Arborist. Assoc. Symp. n.º 1, p. 63-70.
- STROBEL, G., y LANIER, G., 1981: Dutch elm disease. *Scientific Am.* 245, p. 40-50.
- TAKAI, S. y KONDO, E., 1972: Seasonal changes in susceptibility of white elm trees to Dutch elm disease in Central Ontario, Canadá. *Rooc. Canadian Phytopath. Soc.* 38, p. 43.
- TAKAI, S. y KONDO, E., 1979: Seasonal development of DED on white elm in Central Ontario. I Following wound inoculation. *Can. J. Bot.* 57, p. 341-352.
- VAN SICKLE, G. y STERNER, T., 1976: Sanitation: a practical protection against Dutch elm disease in Fredericton, New Brunswick. *Plant Disease Reporter* 60 (4), p. 336-338.
- VERALL, A. y GRAHAM, T., 1935: The transmission of *Ceratostomella ulmi* through root grafts. *Phytopathology* 25 (11), p. 1039-1050.
- VON KEYSERLING, H., 1982: Control of DED by behavioral manipulations of its vector. Report EEC Dutch elm disease project, 14 pags. No publicado.
- WATER, J., 1983: DED control in Netherlands. En "Research on DED in Europe". *For. Com. Bull.* 60, p. 17-18.
- WEBBER, J., 1981: A natural biological control of Dutch elm disease. *Nature*, 292, p. 449-451.
- WHITTEN, R., 1945: Preliminary experiments with DDT in 1944 for the control of the smaller European elm bark beetle. U.S. Dept. Agr. Bur. Entomol. Plant Quarentine E-670, 12 pags.
- WOLLERMAN, E., 1979: Dispersion and invasion by *Scolytus multistriatus* in response to pheromone. *Environ. Entomology*, 8, n.º 1, p. 1-5.
- WORF, G., KOVAL, C. y SMALLEY, E., 1977: Dutch elm disease in Wisconsin Extension. A-2393, 12 pags.
- YOUNG, K. y HOUSTON, D., 1982: En: Advances in Plant Pathology. Vol. 5. The population biology of Dutch elm disease: its principal feature and some implications for other host - pathogen systems (Brasier, C.) p. 53-118.
- ZIMMERMANN, G., 1976: Versuche zur biologischen Bekämpfung der holländischen Ulmenkrankheit mit *Trichoderma-Pellets*. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzes* 37, p. 113-117.