

EL OLMO DE LA CALLE MOLINO DE JARAGUAS

UN ÁRBOL TOTÉMICO DE RESISTENCIA A LA GRAFIOSIS

PABLO FERRER-GALLEGRO. DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS. COORDINADOR DEL EQUIPO DE CONSERVACIÓN EX SITU Y RECUPERACIÓN DE FLORA AMENAZADA VALENCIANA, SVS-CIEF. SERVICIO DE VIDA SILVESTRE Y RED NATURA 2000-CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA EXPERIMENTACIÓN FORESTAL DE LA GENERALITAT VALENCIANA.

El presente artículo tiene como principal objetivo informar sobre el estado fitosanitario del olmo de la calle Molino de Jaraguas y la cadena de procesos biológicos que han sucedido en este ejemplar arbóreo durante la primavera-verano de 2023.

SOBRE LOS OLMOS Y LAS OLMEDAS EN JARAGUAS, Y LA ENFERMEDAD DE LA GRAFIOSIS.

En los alrededores del casco urbano de la aldea de Jaraguas (Venta del Moro, Valencia) crece de manera natural y espontánea el olmo común o negrillo (*Ulmus minor*), el cual encuentra un ambiente propicio principalmente en las terrazas y márgenes de la rambla Albosa. Desgraciadamente, estas olmedas han sufrido diferentes amenazas que han provocado su retroceso y deterioro hasta alcanzar una situación que podría considerarse de casi extinción local. Por un lado, el avance de la populicultura, con la plantación de chopos negros o álamos negros, provocó una importante pérdida para el desarrollo del olmo de espacio y ambiente en su ecosistema natural. Por otro lado, la agresiva enfermedad de la grafiosis que ha sufrido el olmo común desde el siglo pasado ha provocado la muerte de todos los ejemplares que otrora crecían en Jaraguas y sus alrededores.

La grafiosis en Jaraguas apareció dentro del segundo período pandémico de la enfermedad ocurrido en España. El origen de la enfermedad responde a la ruptura del equilibrio ecológico que había existido a lo largo de millones de años en determinadas zonas aisladas geográficamente en el continente asiático. Los primeros daños de esta enfermedad se observan en Europa hacia 1918, concretamente en el norte de Francia, Holanda y Bélgica. Se trata de una enfermedad introducida en Europa desde Asia durante la Primera Guerra Mundial. En el año 1921 se produjo una elevada mortandad de olmos en Holanda y ese mismo año se descubrió el hongo causante de la enfermedad. Posteriormente, la grafiosis prácticamente desapareció y no volvió a cobrar relevancia como pandemia hasta los años setenta, en los que reapareció con una especial virulencia y provocó la muerte de miles de árboles en Europa y América del Norte.

En España, esta enfermedad del olmo fue constatada como pandemia a mediados de la década de los treinta, con una segunda ola que sobrevino en los años ochenta. Fue a partir de esta segunda ola pandémica cuando la olmeda de Jaraguas fue atacada por la enfermedad y provocó la muerte de casi la totalidad de los ejemplares, incluido el emblemático





Ejemplar de olmo común o negrillo (*Ulmus minor*) de la calle Molino de Jaraguas. Foto tomada en el momento en el que el árbol estaba sano y vivo (<https://es.wikiloc.com/rutas-senderismo/venta-del-moro-jaraguas-arboles-monumentales-3-112229933>).

ejemplar que crecía próximo a la rambla Albosa y que daba nombre a la confluencia de varias calles en la parte baja de la localidad, a la que todavía se conoce, a pesar de su ausencia, como «el Olmo».

Sin embargo, a esta pandemia de gran virulencia ocurrida en Jaraguas entre los años ochenta y noventa sobrevivió un ejemplar de olmo dentro del casco urbano, concretamente en la calle Molino, donde hasta el presente crecía majestuoso sin mostrar nunca síntomas de la enfermedad a lo largo de todos estos años. Sobre este árbol nos comentan que fue plantado hace más de cuarenta años¹. La explicación de por qué este ejemplar resistía a la enfermedad dentro de un ecosistema tan afectado por la pandemia es un fenómeno de gran relevancia para la fitopatología, una interesante fuente de información que nos ha ayudado a conocer mejor la enfermedad y cómo combatirla desde el punto de vista fitopatológico.

La primera hipótesis abordaba la idea de que se trataba de un genotipo resistente a la enfermedad; sin embargo, esta suposición acaba de ser refutada, ya que, durante los meses de la primavera y el verano de 2023, el árbol ha sucumbido a la grafiosis, como a continuación informaremos atendiendo

a los fundamentos científicos de la enfermedad y los síntomas que ha mostrado. Por otra parte, una segunda hipótesis consideraba que algunas prácticas desarrolladas sobre la planta por parte de los vecinos de Jaraguas habrían podido ser el motivo de su resistencia, algo que en la actualidad se considera motivo de estudio.

La enfermedad de la grafiosis del olmo es un complejo sistema de procesos en los que intervienen diferentes agentes biológicos en relación con las condiciones ambientales. Los agentes hospedantes son algunas especies del género *Ulmus* (olmos), siendo el olmo común o negrillo muy sensible a la enfermedad. Un segundo agente es el vector de transmisión de la enfermedad, que son insectos coleópteros del grupo de los escolítidos, pertenecientes al género *Scolytus* (barrenadores o perforadores de la madera de unos 4-6 mm de tamaño), principalmente tres especies: *Scolytus scolytus*, *Scolytus kirchi* y *Scolytus multistriatus*. Un tercer elemento es el hongo patógeno perteneciente a la familia *Ophiostomataceae* y, actualmente, clasificado dentro del género *Ophiostoma* (anteriormente incluido en el género *Ceratocystis*). Este hongo es el organismo que causa la enfermedad. El hongo patógeno responsable de la primera enfermedad pandémica de la grafiosis en España fue la especie *Ophiostoma ulmi*. Sin embargo, en la segunda pandemia, la especie causante de la enfermedad fue otra, *Ophiostoma novo-ulmi*, de mayor

1 | (véase <https://es.wikiloc.com/rutas-senderismo/venta-del-moro-jaraguas-arboles-monumentales-3-112229933>)

virulencia y la que en la actualidad es la responsable de la enfermedad en España. Por último, a estos agentes es necesario sumar el factor ambiente, que interviene de manera decisiva en la transmisión y desarrollo de la enfermedad. Este factor suele ser responsable, en ocasiones, de la dinámica de la enfermedad, de su propagación, resistencia de los hospedantes, resiliencia de las plantas, velocidad de contagio y desarrollo de la grafiosis, entre otros parámetros.

¿CÓMO SE TRANSMITE LA ENFERMEDAD DE LA GRAFIOSIS?

De manera general, se puede definir la enfermedad de la grafiosis como una micosis vascular generada por el hongo *Ophiostoma*. La acción del hongo bloquea el movimiento de la savia por los vasos conductores del árbol, lo que provoca un fuerte marchitamiento foliar, su defoliación, y la muerte posterior. La enfermedad se transmite por los coleópteros escolítidos, que portan consigo las esporas de los hongos y las introducen en el árbol durante su puesta y alimentación. Los individuos afectados presentan a simple vista un aspecto enfermizo, amarillento en una primera fase en la defoliación, con algunas ramas secas y hojas encorvadas. En el interior de las ramas aparecen unas líneas o manchas de color oscuro correspondientes a los vasos conductores afectados y obstruidos por el hongo, en la cara de contacto entre el tronco y la corteza se observan una especie de grabados realizados por el insecto transmisor de la enfermedad, lo que le da origen al nombre de la enfermedad grafiosis, del griego «γλύφειν» *glýphein*, cincelar, grabar; por las galerías grabadas que realizan las larvas del insecto en el interior de la corteza. También, el nombre de «grafiosis» procede del nombre genérico del hongo que causa la enfermedad que, aunque actualmente se conoce dentro del género *Ophiostoma*, se describió en primer lugar en 1922 por la botánica y fitopatóloga Marie Beatrice Schol-Schwarz (1898-1969), con el nombre de *Graphium ulmi*.

La enfermedad comienza cuando el insecto escolítido se instala sobre las yemas más tiernas de un olmo, las muerde y daña irreversiblemente, al tiempo que deposita los huevos entre la corteza y el tronco, formando galerías. Los huevos eclosionan dentro del árbol y las larvas se alimentan de madera. Tras pasar la etapa de pupa, los insectos adultos vuelan de un árbol a otro, transportando esporas del hongo que causa la enfermedad que ya estaba instalado en el árbol barrenado por el insecto. El verdadero agente infeccioso es el hongo parásito que segrega toxinas a causa de su actividad biológica dentro de los vasos del árbol y causa la enfermedad. Se desarrolla en los vasos conductores de la savia, ayudándose de su circulación para propagarse por todo el árbol. El principal efecto que produce es la obstrucción de los vasos conductores (cavitación o embolia), lo que provoca la pérdida de las hojas en la fase vegetativa de crecimiento anual del árbol y, como consecuencia de esto, la muerte del árbol.

En este punto es necesario mencionar que no deben confundirse los síntomas causados por la grafiosis con los que genera el insecto defoliador denominado «galeruca del Olmo» (*Xanthogaleruca luteola*). La galeruca es un escarabajo muy activo que se alimentan de las hojas del olmo. Este insecto puede ocasionar defoliaciones muy

severas por la alimentación de las larvas y de los imagos (insecto adulto), llegando a debilitar mucho a los ejemplares de olmos ya que deja las hojas desprovistas de tejido tierno fundamental para la desarrollar la fotosíntesis. En muchas ocasiones, el ataque de esta plaga precede al desarrollo de la grafiosis. En concreto, el ejemplar de la calle Molino venía siendo atacado por la galeruca durante los últimos años de una manera muy activa y agresiva, lo que sin duda debilitó a la planta, mermando su capacidad de fotosíntesis, y pudo favorecer el desarrollo de la grafiosis.

¿QUÉ CAUSA FINALMENTE LA MUERTE DEL OLMO?

El agua circula por la planta desde la raíz hacia las hojas por los vasos leñosos. Es absorbida por la raíz a nivel de los pelos radiculares o absorbentes, pasando luego al xilema o vasos conductores de la raíz. A través del xilema, el agua se mueve en el interior del tallo del árbol siguiendo las diferencias de potencial hídrico y llega a las hojas.

El ciclo biológico de la enfermedad de la grafiosis comienza cuando el insecto escolítido de la grafiosis emerge de un

Foto tomada el 16 de septiembre de 2023, momento en el que el ejemplar muestra un estado muy avanzado de necrosis celular e histológica en la parte aérea, con un desarrollo vigoroso de sierpes o brotes basales debido al crecimiento de las yemas presentes en el tocón de la planta, libre de la presencia del patógeno.





Imagen del insecto perforador Scolytus multistriatus. Especie de coleóptero de la familia Curculionidae, subfamilia Scolytinae, que se alimenta en olmos, de los que es una plaga muy importante, además de vector de la grafiosis, la enfermedad más grave del olmo. Agradezco a Diego Gallego la imagen prestada para su reproducción.

árbol enfermo y porta esporas del hongo, hasta alcanzar un árbol sano. Los insectos portadores de esporas en su exoesqueleto llegan al árbol sano y se alimentan del xilema, bien en las horcaduras de las ramas más jóvenes de los olmos, bien penetrando por yemas tiernas, heridas, fisuras en el tallo o por ramas rotas o cortes de poda. En este momento en el que se produce la penetración del barrenador también se produce la inoculación del hongo que continuará con la fase patogénica de la enfermedad. La capacidad del vector insecto para propagar la enfermedad depende de la cantidad de inóculo transportado, de la cantidad de insectos que alcancen el árbol y de las condiciones ambientales y fenología del árbol. Si el insecto portador de esporas se alimenta en las ramas del árbol y no penetra en la corteza alcanzando los vasos conductores del xilema, el hongo puede vivir en un ciclo recurrente en su fase saprofitica, de corteza en corteza. No obstante, si el hongo alcanza el xilema, la fase patogénica queda también involucrada en el ciclo. La fase saprofitica consiste en la alimentación por parte del hongo de sustancias vegetales en descomposición, mientras que la fase patogénica consiste en la alimentación del hongo de tejidos vegetales vivos del árbol, momento en el cual se produce la inoculación y se desarrolla el proceso infeccioso y la enfermedad de la grafiosis.

Los insectos viven en el floema del árbol, vasos conductores de la savia que porta los fotosintatos o compuestos bioquímicos producidos en las hojas de los árboles gracias a la fotosíntesis y biosíntesis de moléculas complejas necesarias a la planta. En el floema se aparean los insectos y se reproducen, se realiza la puesta de los huevos y se alimentan las larvas. Aunque otros insectos que pueden vivir en el árbol sean capaces de transportar las esporas del hongo, solo las especies del género *Scolytus* son capaces de inocularlo en los árboles sanos a través de las heridas de alimentación de los adultos u otros traumatismos que presente el árbol. Las larvas, bien del año, o del año pasado, que han permanecido bajo la corteza tras el retorno de la actividad en primavera o principios de verano con el movimiento de la savia a través de los vasos conductores al comienzo de

la actividad vegetativa del árbol, completan su desarrollo, pupando y transformándose en adultos en pocos días a través de la metamorfosis. Aunque depende de las especies de escolítidos y del ambiente, el insecto emerge durante la primavera (de abril a mayo) horadando galerías bajo la corteza de los árboles. Se emite entonces, a partir del serrín y detritus o restos de la digestión de la madera consumida por el insecto, la feromona de agregación que atraerá a individuos de ambos sexos que colonizarán la zona afectada. La hembra excava una galería longitudinal, depositando los huevos a ambos lados. De estos nacerán las larvas, de color blanco, que se desarrollarán en las galerías larvarias. El periodo de vuelo de los adultos es amplio, desde finales de abril hasta octubre, de manera que pueden solaparse varias generaciones en un año, de tres a cuatro generalmente. La época de peligro de contagio de la enfermedad es, por ello, muy amplia, comenzando a principios de primavera hasta mediados de otoño.

Una vez producida la inoculación durante la introducción del insecto portador de las esporas del hongo o en la fase de alimentación del escolítido, se desencadena el proceso de infección y la micosis vascular. Así, tras la germinación de las esporas del hongo se inicia la fase de penetración a través de los vasos del xilema, produciéndose miles de esporas que se van moviendo rápidamente por el flujo de savia ascendente en el xilema, pero también, aunque de manera más lenta hacia abajo, hacia las raíces. El hongo logra así colonizar de manera longitudinal los órganos conductores del árbol, pero también de manera radial hacia el interior del tronco (anillos y vasos xilemáticos de años anteriores) y exterior, llegando hasta el floema. Tras la germinación de las esporas, el hongo crece formando hifas que colonizan estos tejidos conductores de savia al tiempo que produce toxinas, llamadas ceratulminas, que taponan y rompen los vasos conductores, provocando traqueomicosis, cavitación y tílides. El árbol termina muriendo por falta de agua, lo que ocurrirá más rápidamente si la infección se localiza en zonas más inferiores del árbol, en las ramas más basales o en el tronco principal.

La cavitación es una disfunción fisiológica que ocurre en el xilema de las plantas cuando están bajo déficit hídrico, que entraña una pérdida de su conductancia hidráulica cuando algunos vasos se llenan de aire o son invadidos, en el caso de la grafiosis también por tílides. El xilema está formado por elementos traqueales, que son células que están altamente especializadas para transportar agua por toda la planta. Estas células se someten a un proceso de diferenciación muy bien definido que incluye: especificación, agrandamiento, deposición estructurada de la pared celular, muerte celular programada y eliminación de la pared celular para un correcto y eficaz transporte de fluidos.

Las tílides producen la tilosis, que en plantas vasculares son una estructura derivada de las células parenquimatosas de los vasos secundarios del xilema, una distensión similar a la vejiga de una célula del parénquima hacia la luz de los vasos adyacentes. Así, el protoplasto de una célula viva vecina prolifera a través de áreas delgadas en las paredes celulares. La función de estas células se hace evidente cuando hay condiciones adversas como la sequía o una

infección. Malpighi en 1686 fue el primero en informar sobre las tílides o los «sacos en forma de globo» en la luz de los vasos de duramen, y los denominó «tilosos» en base a la palabra griega «thyllen», que significa «bolsa» o «recipiente». Las tílides se forman cuando la capa protectora que rodea el protoplasto de la célula parenquimatosa prolifera en la luz vascular después de que la membrana del hoyo del parénquima vascular se degrada y se rompe.

La tilosis resume el proceso fisiológico y la oclusión resultante en el xilema de las plantas leñosas como respuesta a una lesión o como protección contra la descomposición del duramen (parte interna de los troncos de los árboles, de color más oscura que la albura o parte más externa, y bastante más resistente a la descomposición. El duramen no conduce agua, pero proporciona soporte mecánico al tronco, el duramen actúa como tejido de almacenamiento a largo plazo para productos bioquímicos, que varían de una especie a otra). La tilosis es un proceso clave en la compartimentación de estructuras y tejidos vegetales en la fase de descomposición en árboles y otras plantas leñosas. La creación de tílides se produce en el olmo infectado como respuesta a la presencia de toxina e hifas del hongo como mecanismo de defensa ante el patógeno para ralentizar su propagación vertical a modo de barrera física al bloquear y cerrar las estructuras celulares que unen a las células conductoras del xilema, lo

que paradójicamente conlleva a la obstrucción de los vasos conductores y la muerte del árbol.

EL HONGO PATÓGENO CAUSANTE DE LA GRAFIOSIS.

Ophiostoma novo-ulmi es un hongo de origen asiático perteneciente a la división taxonómica Ascomycota. Hongos con micelio tabicado que producen ascosporas endógenas. Este grupo de hongos incluye una gran diversidad, como las «falsas setas» o las trufas, entre otros. Este grupo de hongos forman ascocarpos, la mayoría de los líquenes, algunos mohos de pan y frutas como *Penicillium* del cual se obtuvo la penicilina, las levaduras clásicas (*Saccharomyces*) usadas en la fermentación de la cerveza y otros alimentos. Al igual que otros hongos, también incluye parásitos de animales y plantas, entre ellos se destacan los que causan las dermatofitosis o tiñas en los humanos, como el pie de atleta.

Este grupo de hongos es el más grande desde el punto de vista taxonómico con aproximadamente 32.000 especies descritas en 3.400 géneros. Cabe mencionar que este tipo de hongos pueden reproducirse de forma asexual por medio de unas esporas haploides (con la mitad de carga genética o juego de cromosomas) llamadas «conidios». El nombre del grupo proviene del griego (*askos*) que significa «saco», ya que estos organismos se caracterizan por desarrollar en

Última floración que produjo el olmo de la calle Molino de Jaraguas, foto hecha el 31 de marzo de 2023.





Cortes de poda practicados al olmo de la calle Molino de Jaraguas, vía de entrada de la enfermedad de la Grafiosis. En la foto de abajo también se puede observar la gran herida que produjo una rama resquebrajada de gran magnitud en la base de la primera cruz del árbol. Fotos hechas el 12 de agosto de 2023.

su fase sexual unas estructuras llamadas «ascas», que son semejantes a una bolsa.

En el proceso de infección y fase parasitaria de *Ophiostoma novo-ulmi* en el olmo común, el hongo se reproduce tanto de manera asexual como sexual. Las esporas viajan por los vasos conductores de savia del olmo y pueden germinar generando hifas, las cuales se desarrollan dentro de estos vasos creando toxinas. El hongo se alimenta en esta fase de los productos de savia que transporta el olmo por sus vasos conductores. En la reproducción asexual, las hifas del hongo se dividen por mitosis. Cada pedazo de segmento de hifa actúa como una espora, pudiendo conservar en algunos casos la morfología que tenía; aunque, en otros casos, su forma se hace redonda, esta última característica la poseen la mayoría de los patógenos. Por otra parte, la reproducción sexual comienza con el reconocimiento y diferenciación sexual de sus hifas. Una vez realizado esto, las hifas especializadas llevan a cabo la plasmogamia, que consiste en fusionar sus citoplasmas permitiendo que los dos núcleos haploides se encuentren compartimentalizados en un mismo citoplasma (dicarionte). Posteriormente se realiza la cariogamia que consiste en la fusión de esos dos núcleos haploides convirtiéndose en un solo núcleo diploide (algo semejante a lo que ocurre en la fusión de los gametos en los animales, espermatozoide y óvulo, para formar el cigoto, ¡todos los que estáis leyendo esto habéis pasado por esa fase!). El último paso es la meiosis en donde ocurre entrecruzamiento de material genético dando como resultado núcleos haploides que, por medio de una esporogénesis, forman las esporas haploides de origen sexual llamadas «ascosporas».

LA MUERTE DEL OLMO DE JARAGUAS.

Es necesario decir que, a la pregunta: «¿está muerto el olmo de Jaraguas?» La respuesta es: «no, o al menos, no del todo, por ahora». El olmo está enfermo, la enfermedad es la grafiosis, y a 15 de septiembre de 2023, el árbol muestra la parte superior defoliada, en proceso de deshidratación, lo que ha provocado una emergencia y brotación masiva de sierpes de la parte basal subterránea de la planta (del tocón). Así, aunque la parte aérea, por encima del nivel de suelo, está seca o en proceso de desecación y no brotará ya jamás, la parte basal, el tocón, está viva por el momento. Esta diferencia se debe a que, hoy en día, el hongo no ha llegado a las partes basales del árbol, y tal vez no lo haga en los próximos meses o incluso años. En cierto modo esto

responde a las leyes propias de la naturaleza, ningún parásito quiere matar completamente a su presa, ya que, de hacerlo, se quedaría sin posibilidad de vivir.

Está constatado que la grafiosis actúa en árboles a partir de cierto calibre de tronco, siendo los ejemplares de calibres pequeños inferiores a 10-15 cm de diámetro no objetivo presas del escolítido, por lo que el hongo tiene asimismo pocas probabilidades de infectar estos ejemplares de pequeño calibre. Este fenómeno lo hemos observado en la olmeda de Jaraguas; ya que, durante algunos años, los olmos que fueron en su momento atacados por la grafiosis volvieron a brotar, pero toda esperanza de constituir una nueva olmeda que vista los márgenes del nacimiento de la rambla Albosa se desvanecen al crecer en calibre estos ejemplares, puesto que vuelven a ser nuevamente atacados por otra oleada de la enfermedad pandémica.

ÚLTIMAS CONSIDERACIONES.

En la naturaleza lo único fijo e inmutable es el cambio. Todo lo vivo está destinado a morir, ya que estamos sujetos a las leyes físicas de la naturaleza. El olmo de la calle Molino ha estado muriendo durante todo el verano de 2023 y su madera se ha deshidratado poco a poco tras la actividad patógena del hongo de la grafiosis. El desarrollo de la enfermedad se ha visto favorecido, sin duda, por las heridas que muestra este ejemplar en el tronco y ramas principales. Así, el olmo muestra una rama resquebrajada de gran magnitud en la base de la primera cruz, que fue causada por la caída y rotura de la rama por su propio peso debido a las características arquitectónicas y forma del árbol. La caída de la rama principal ocurrió hace tiempo y dejó una herida bastante grande que permitió crear una vía de entrada al interior del tronco. Asimismo, el ejemplar ha sufrido varios cortes de poda en ramas de gran calibre que han permitido la entrada del escolítido portador de las esporas del hongo que causa la grafiosis. El momento en el que se ha realizado esta poda ha sido determinante, dado que se ha producido en la fase fenológica de mayor actividad de movimiento de savia por los tejidos xilemáticos, que es durante la primavera. La consecuencia de estas actividades ha sido la pérdida del árbol tal y como lo conocíamos.