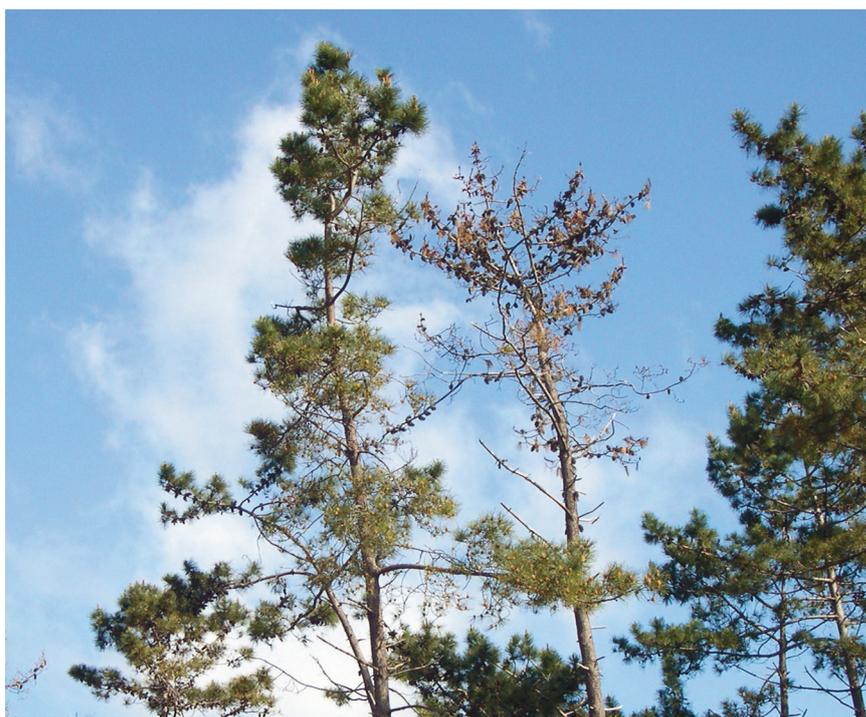




Seca de los pinos

Especie: *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner at Bürher) Nickle et al.

Clasificación: *Secernentea, Diplogasteria, Tylenchida, Aphelenchina, Aphelenchoidiae.*



Ficha Resumen

PATÓGENO: *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner at Bürher) Nickle et al

ESPECIE AFECTADA: Coníferas en general (géneros *Abies, Cedrus, Larix, Picea, Pinus, Pseudotsuga* y *Tsuga*).

TIPO DE ENFERMEDAD: Colapso vascular.

DISTRIBUCIÓN: Presente en Norteamérica, Japón, Corea, China, Taiwán y Portugal.

DIAGNÓSTICO: La aparición, más o menos generalizada, de acículas amarillentas o marchitas junto con la reducción de la transpiración y resinación, son los síntomas iniciales asociados a la actividad de los nematodos en el interior del sistema vascular del huésped. La identificación del nematodo en las muestras de madera recogidas es la única forma de asociar esta sintomatología tan inespecífica al *Bursaphelenchus xylophilus*.



AGENTE CAUSAL

El nematodo *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner at Bürher) Nickle et al. (Sinónimos: *Aphelenchoides xylophilus*, *Bursaphelenchus lignicolus*).

ESPECIES SUSCEPTIBLES

El nematodo puede desarrollarse sobre madera de todas las Coniferales excepto *Thuja* L. Se consideran plantas sensibles a todas aquellas pertenecientes a los géneros *Abies*, *Cedrus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Tetraclinis* y *Tsuga*.

En la Península Ibérica todos los positivos detectados sobre árboles en pie han correspondido a *Pinus pinaster*, incluso en zonas en las que esta especie convivía con otras también consideradas susceptibles.

DISTRIBUCIÓN

Bursaphelenchus xylophilus es una especie nativa de Norteamérica (Estados Unidos, Canadá y México) donde provoca daños de relativa importancia. Asociado al comercio se expandió a principios del siglo XX a Japón y, posteriormente, a China y Corea causando daños muy importantes debido a la mayor susceptibilidad de los huéspedes. En sus zonas de origen o bien en aquellos lugares donde las condiciones del huésped no son las adecuadas para el desarrollo del nematodo, los daños son mínimos, quedando localizados a algunas afectaciones en los ramillos terminales de las ramas.

En 1999 se localiza en Portugal sobre pinos en pie, quedando inicialmente confinado en una zona cerca de Setúbal. En verano de 2007 ya se encuentra distribuido por todo Portugal, obligando a la toma de medidas de control por parte del resto de la Unión Europea para evitar su expansión a otros países.

En España, hasta la fecha, únicamente se ha detectado tres positivos sobre árboles, Extremadura y Galicia, que están en proceso de erradicación.

IMPORTANCIA Y PRESENCIA EN ANDALUCÍA

El rápido desarrollo de los nematodos en el interior del árbol provoca un decaimiento súbito del mismo que puede acabar con su muerte en un corto periodo de tiempo. Las mortandades provocadas por esta enfermedad en las masas susceptibles del sureste asiático y Portugal convierten a este nematodo en una grave amenaza para la vegetación forestal europea.

La presencia del nematodo en una zona supone severas restricciones al comercio. Los nematodos son capaces de sobrevivir en cualquier tipo de madera (en rollo, aserrada, etc.) siempre que no haya sido sometida a un tratamiento adecuado de calor. Esto hace necesario limitar el movimiento de material de riesgo que proceda de zonas con presencia de *Bursaphelenchus xylophilus* para evitar su difusión.

La principal vía de dispersión natural se asocia a la participación de un insecto vector del género *Monochamus* (Coleoptera: Cerambycidae). En la Península Ibérica el único vector comprobado es *Monochamus galloprovincialis* (Olivier). Su presencia a ambos lados de la frontera, unido a la estructura continua de las masas de pinares del sur peninsular, hace necesario extremar la vigilancia en las zonas cercanas a Portugal.

Sin embargo, la capacidad que posee de permanecer activo en maderas (cajas, cajones, palets, etc.) supone que haya que considerar una vía artificial de dispersión haciendo que la vigilancia no se deba llevar a cabo únicamente en la zona cercana a la frontera si no que se deba extender a toda Andalucía.

Los trabajos de vigilancia para este organismo se vienen desarrollando desde el año 2000, habiéndose intensificado de forma importante a partir de 2007. Hasta la fecha no se ha detectado la presencia del nematodo sobre árboles en pie en Andalucía.

DIAGNÓSTICO

El desarrollo de los nematodos en el interior de árbol tiene un primer efecto sobre la producción de exudados de resina, reduciendo posteriormente la transpiración. En estas condiciones las ací-



■ Los síntomas de la actividad del nematodo son muy inespecíficos

culas primero amarillean y luego se marchitan, pudiendo permanecer prendidas varios meses tras la muerte del árbol. La aparición de estas decoloraciones suele producirse entre los meses de agosto a diciembre y suelen comenzar por las ramas localizadas en el tercio superior de la copa. La enfermedad puede progresar bien rama a rama o bien de manera uniforme a todo el árbol.

La sintomatología es muy inespecífica, siendo la velocidad en el desarrollo de los síntomas la única característica que permite asociar esta situación a la actuación de *Bursaphelenchus xylophilus*. Los estreses relacionados con agentes abióticos, sequías principalmente, y otras enfermedades provocan situaciones aparentemente similares, diferenciables por la menor rapidez en la extensión de los daños. Las condiciones ambientales caracterizadas por altas temperaturas y escasa disponibilidad de agua incrementan la intensidad de los daños y favorecen la dispersión de la enfermedad.

Esta enfermedad, inicialmente, afecta a pies aislados que con el paso del tiempo se extiende hasta formar focos cada vez más extensos.

ETIOLOGÍA

El agente causal de la seca o marchitamiento de los pinos es *Bursaphelenchus xylophilus*. Es un nematodo, especie de gusano microscópico cilíndrico, de entre 0.4-1.5 mm de longitud total. Posee la cutícula estriada y la región labial elevada y diferenciada donde se localiza un robusto estilete (10-26 μm) que es empleado para perforar las células vegetales de las que se alimenta. La hembra presenta una membrana vulvar bien desarrollada y la región caudal subcilíndrica con la terminación redonda. La vulva ocupa un 70-80% del volumen localizándose el saco uterino en la zona postvulvar. El macho posee la región caudal curvada en forma de palo de golf, con una espícula grande y con la bursa pequeña, terminal y sin costillas.

Aunque la diferenciación morfológica es posible se recomienda recurrir a técnicas moleculares basadas en el análisis de ADN, mediante secuenciación o PCR, debido a la existencia de similitudes con otras especies.

En la Península Ibérica la dispersión natural se lleva a cabo con la participación de un insecto vector: *Monochamus galloprovincialis*. Este coleóptero xilófago, muy frecuente en pinares, se



■ Detalle del estilete y del bulbo medio



■ Macho de *Bursaphelenchus xylophilus*



■ Cola redondeada de una hembra de *Bursaphelenchus xylophilus*



■ Detalle de la espícula y de la zona caudal del macho

alimenta de madera en cuyo interior pasa gran parte de su ciclo, hasta que pupa y emerge al ex-

terior. En ausencia del nematodo, su actividad no provoca daños de importancia sobre el arbolado. Son insectos secundarios que se desarrollan sobre árboles que no se encuentran vegetando correctamente por estar decaídos o afectados por otros agentes (fuego, plagas, enfermedades, etc.) o incluso recientemente muertos.

Los adultos de *Monochamus* emergen de los troncos en primavera y se dirigen hacia las copas donde maduran sexualmente al alimentarse de los brotes jóvenes, después de lo cual se dispersan para buscar pareja. Tras el apareamiento, las hembras tratan de localizar árboles debilitados o recién muertos donde realizar la puesta. Al eclosionar los huevos bajo la corteza, las larvas se alimentan inicialmente del cambium para luego pasar al interior de la madera y, finalmente, pupar. Los adultos, cuyo periodo de vuelo llega hasta mediados de octubre, continúan alimentándose durante todo el periodo de apareamiento. Suelen tener una generación al año aunque, en condiciones adversas, pueden retrasar la salida un año más.

Bursaphelenchus xylophilus puede llegar a completar su ciclo biológico en 5 días a 25°C. La temperatura basal para el desarrollo del nematodo es de 9,5°C, quedando sin posibilidad de reproducción por encima de los 33°C. En aquellos casos donde se supere la temperatura extrema, el desarrollo del nematodo se ve dificultado, disminuyendo su tasa de multiplicación y quedando, por tanto, incapaces de colonizar el árbol desde las heridas de maduración de las ramillas.

La eclosión de los huevos, presentes en el interior de la madera, produce nematodos de propagación que se desarrollan hasta alcanzar su tercer estado juvenil. Cuando esta población alcanza su máximo desarrollo comienzan a aparecer juveniles de dispersión, más adaptados a vivir en condiciones desfavorables de temperatura, humedad y disponibilidad de alimento y que son los responsables de la propagación por la madera empleando los canales resiníferos.

La existencia de cámaras de pupación de *M. galloprovincialis* en el huésped actúa como atrayente de los juveniles del tercer estado de dispersión del nematodo, posiblemente debido a la emisión de sustancias afines. En las cercanías de la cámara pupal se reúnen para mudar a larva dauer (cuarto estado juvenil), asociándose al insecto justo antes de emerger del árbol. Tras la penetra-



■ Adulto de *Monochamus galloprovincialis*

ción del nematodo en el huésped, manteniendo aún la forma de larva dauer, muda a su estado adulto y comienza multiplicarse iniciando el ciclo de nuevo.

PATOGÉNESIS Y EPIDEMIOLOGÍA

La alimentación de los estados juveniles del nematodo provoca la destrucción de las células epiteliales, células del parénquima de canales radiales y axiales de resina, cambium, floema e, incluso, xilema. Provoca, de forma genérica, la cavitación del sistema vascular, causando la marchitez y muerte de la planta en un plazo muy breve de tiempo.

Los nematodos poseen una reducida capacidad para desarrollarse sobre madera completamente muerta. Para superar esta dificultad, tienen la facultad de alimentarse de algunos hongos, como los de azulado de la madera (*Ceratocystis* spp.). Esta fase micófaga les permite sobrevivir sobre madera muerta hasta que puedan asociarse a una pupa y dispersarse a nuevos huéspedes. Por el contrario, la fase fitófaga es aquella en la que se alimentan de las células parenquimáticas del huésped mientras aún están vivas.

La dispersión de los juveniles del nematodo dentro del árbol depende de la vía entrada. En el caso de transmisión durante la oviposición, permanecen cerca de la zona, mientras en el caso de entrada por los ramillos se distribuyen rápidamente por toda la planta. La tasa de multiplicación está muy relacionada con la susceptibilidad de la especie, de la disponibilidad de alimento por degradación del huésped y de las temperaturas. La muerte de las células parenquimáticas es muy rápida, produciéndose antes de que el nematodo se disperse por toda la madera.





Los insectos infestados emergen trasportando un gran número de larvas dauer durante la primavera y principios de verano. La transmisión primaria se produce cuando, en la alimentación de maduración, el insecto retira la corteza provocando heridas por las que el nematodo accede al interior del árbol. La vía secundaria de transmisión tiene lugar tras la cópula: la hembra realiza un pequeño hueco en la corteza del árbol para colocar los huevos que, los nematodos que lleva consigo, aprovechan para penetrar en el mismo.

La capacidad de dispersión del nematodo depende casi por completo de la participación del vector. Se estima una distancia de vuelo efectiva de, aproximadamente, 3 km en busca de material de reproducción. El insecto, una vez maduro sexualmente, intenta localizar árboles debilitados o recién muertos que aun conserven humedad en su interior donde realizar su puesta. La distancia de vuelo, por tanto, dependerá de la presencia de este tipo de material vegetal. Las masas forestales debilitadas por diferentes problemas fitosanitarios, aquellas que recientemente hayan sufrido un incendio o con abundantes restos de madera poseen las características ideales para que *M. galloprovincialis* pueda llevar a cabo la oviposición.

Se puede considerar una vía alternativa de dispersión que viene asociada a la facilidad de movimiento que tiene el nematodo incluso fuera del agua. Posibilita su transmisión entre dos trozos de madera en contacto o incluso entre raíces aprovechando el agua existente en el suelo. El nivel de importancia de esta dispersión, en comparación con las otras dos vías, es mucho más reducido aunque ha de tenerse en consideración.

Sin embargo, la capacidad que tiene el nematodo de permanecer en madera no tratada (tablones, cajas de palillería, palets, etc.) bien porque aún conserven humedad sus células o bien por la presencia de un hongo del que alimentarse hace que se deba considerar al transporte de mercancías como el principal vector dispersor de esta enfermedad. El comercio actual, especialmente el rodado, se lleva a cabo con la participación de madera en diferentes formas. El traslado de estos materiales de riesgo desde zonas con presencia del nematodo hacia aquellas libres del mismo debe llevarse a cabo bajo unas medidas estrictas que garanticen la ausencia del mismo.

CONTROL

La adopción de medidas de control es extremadamente compleja tanto por la participación de un insecto vector como por la dificultad en detección de la presencia del nematodo en árboles en pie o en diferentes formas de madera. La experiencia con situaciones similares, como la grafiosis del olmo, ponen de manifiesto la complejidad del establecimiento de un sistema de control en la dispersión de estos organismos.

La preferencia que muestra *M. galloprovincialis* para la puesta de ejemplares debilitados o recién muertos permite recomendar, como medida preventiva, el mantenimiento de un elevado nivel fitosanitario en las masas susceptibles al nematodo. La extracción del monte de pies muertos o en decadencia para su eliminación limitará la proliferación del vector y, por tanto, del nematodo. Los trabajos de control de estos organismos se llevarán a cabo considerando la época de vuelo del vector como el periodo de mayor riesgo para la dispersión de la enfermedad.

Hasta la fecha este organismo no se considera presente en España. Los trabajos de prospección para la detección del nematodo de la madera del pino se iniciaron en el año 2000. Las detecciones recientemente realizadas en territorio español se encuentran en proceso de erradicación que, de concluirse con éxito, supondrá la eliminación del nematodo en la zona.

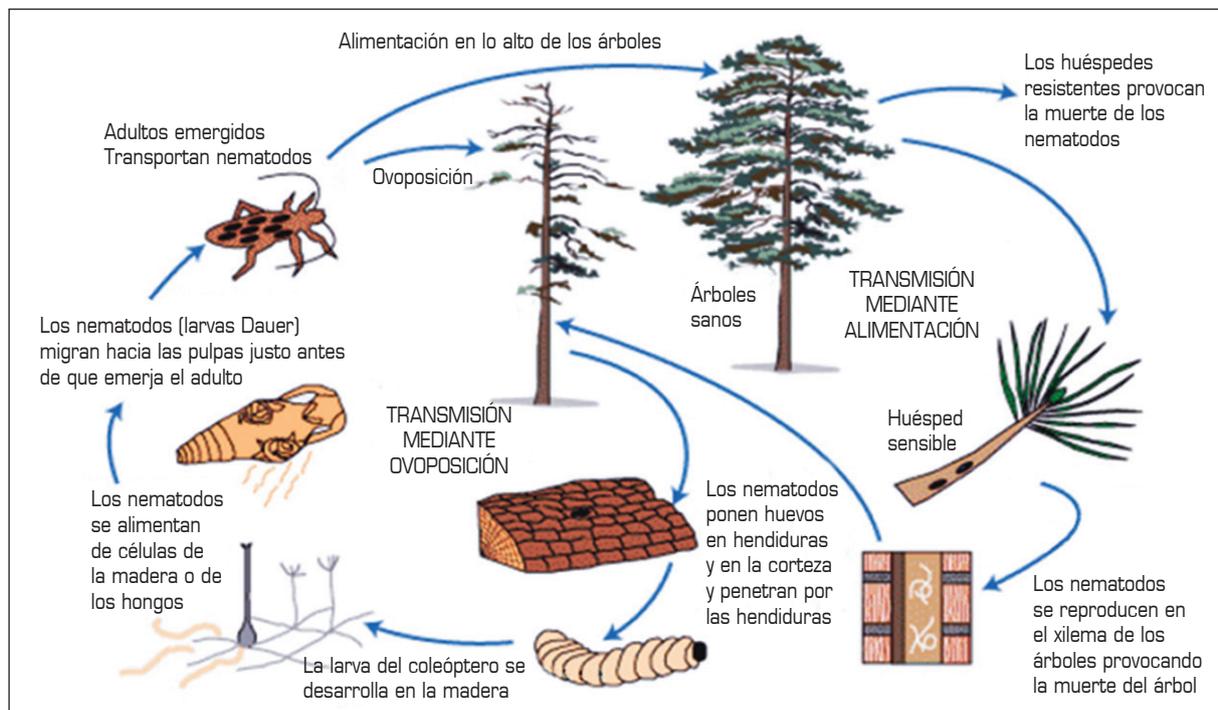
A fin de garantizar la ausencia del *Bursaphelenchus xylophilus* en España, en 2007 se procedió a la implementación de un Plan de Contingencia contra el Nematodo de la Madera del pino según las condiciones marcadas por la Unión Europea a través de la Decisión 2006/133/CE y posteriores. Cada una de las Comunidades Autónomas, a través de la Administración correspondiente, es la encargada de llevar a cabo dichas tareas de vigilancia.

En Andalucía, la Consejería de Medio Ambiente y la Consejería de Agricultura y Pesca son las encargadas de llevar a cabo las tareas de seguimiento e inspección. Anualmente se realiza el seguimiento y control, según tres zonas de riesgo definidas en función de la distancia a la frontera con Portugal, de aquellas industrias que trabajan con material de riesgo (aserraderos, almacenes, industrias de primera transformación, Puntos de Inspección Fronteriza, etc.) así como los entor

nos de las mismas y las vías de comunicación con Portugal. De la misma manera se realiza un seguimiento de las masas forestales susceptibles independientemente de su estado fitosanitario.

La circulación de madera procedente de zonas demarcadas, es decir, con presencia del nematodo,

únicamente será posible cuando vaya acompañada de su correspondiente pasaporte fitosanitario (Norma NINF-15). Este documento garantiza que el material ha sido convenientemente tratado térmicamente (alcanzando un mínimo de 56°C en el centro de la madera), desapareciendo así todo riesgo de que pueda trasportar nematodos vivos.



■ Trasmisión primaria y secundaria de *Bursaphelenchus xylophilus* (Wingfield, 1983)

BIBLIOGRAFÍA

DE CAÑEDO - ARGÜELLES, E. [1947] Curso de Meteorología. Sección de Publicaciones, E. E. de Ing. de Montes.

EVANS, H.F., MCNAMARA, D.G., BRAASCH, H., CHADOEUF, J. Y MAGNUSSON, C. [1996] Pest Risk Analysis (PRA) for the territories of the European Union (as PRA area) on *Bursaphelenchus xylophilus* and its vectors in the genus *Monochamus*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 26: 199-249.

EPPO/CABI. [1996] *Bursaphelenchus xylophilus* in Quarantina Pest for Europe (2nd edition). CAB International, Wallingford (GB).

Vives, E. [1984] Cerambycoides (Coleoptera) de la Península Ibérica y de las Islas Baleares. Treballs del Museu de Zoologia nº 2. Barcelona.

Sousa, E.; Bravo, M. A.; Pires, J.; Naves, P.; Penas, A.C.; Bonifácio, L.; Mota, M.M. (2001): *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera; Cerambycidae) in Portugal. Nematology 3 (1): 89-91.

Agradecemos la colaboración del Servicio Contra Agentes Nocivos. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente.