

Podredumbre radical de la encina y el alcornoque



Especie: *Phytophthora cinnamomi* Rands.

Clasificación: *Stramenopila, Oomycota, Pythiales, Pythiaceae*



Ficha Resumen

PATÓGENO: *Phytophthora cinnamomi* Rands.

ESPECIES AFECTADAS: *Quercus ilex ssp. ballota*, *Quercus suber*.

TIPO DE ENFERMEDAD: Podredumbre radical.

DISTRIBUCIÓN: Andalucía, Extremadura y probablemente en toda el área de distribución de la encina y el alcornoque en España.

DIAGNÓSTICO: La sintomatología es muy inespecífica y poco útil para el diagnóstico: clorosis y/o marchitez foliar, defoliación, muerte regresiva de brotes y ramas, etc. Es necesario el aislamiento e identificación del patógeno en laboratorio para un diagnóstico fiable.



AGENTE CAUSAL

Phytophthora cinnamomi Rands.



ESPECIES SUSCEPTIBLES

Phytophthora cinnamomi es un oomiceto considerado como el patógeno más importante causante de podredumbres radicales en especies leñosas, con más de 1000 especies de plantas susceptibles. Aunque la asociación de este hongo con la podredumbre radical de los *Quercus* mediterráneos se conoce desde hace décadas, sólo recientemente se ha demostrado su patogenicidad en encina y alcornoque. En España destaca por su importancia la podredumbre radical que causa en especies de *Quercus* mediterráneas (*Q. ilex* y *Q. suber*), en plantaciones de aguacate y la grave enfermedad del castaño conocida como “tinta”.

DISTRIBUCIÓN

Phytophthora cinnamomi tiene una distribución mundial, produciendo los daños más importantes en zonas tropicales y subtropicales, en el Mediterráneo y en regiones de clima templado suave.

IMPORTANCIA Y PRESENCIA EN ANDALUCÍA

La podredumbre de raíz que causa *P. cinnamomi* constituye uno de los principales factores que contribuyen al decaimiento conocido como Seca de *Quercus*, que en los últimos años está produciendo un elevado número de muertes en dehesas y montes en el sur de España y Portugal. Actualmente esta enfermedad está considerada como un síndrome complejo en el que intervienen factores bióticos y abióticos, y da lugar tanto a muertes súbitas como lentas. El progreso de esta podredumbre radical origina graves pérdidas en la producción de corcho y bellota, y lleva a un estado de deterioro de dehesas, monte alcornocal y encinar que en ocasiones puede resultar irreversible.

Los trabajos realizados junto con el equipo de Técnicos de Equilibrios Biológicos en el marco de los convenios suscritos por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, han permitido establecer la presencia de esta enfermedad en gran parte de la zona de distribución de la encina y el alcornoque en Andalucía: Valle de los Pedroches (Córdoba), Andévalo (Huelva), Parques Naturales de la Sierra de Hornachuelos (Córdoba), Sierra Norte (Sevilla), Los Alcornocales (Cádiz), Aracena y Picos de Aroche (Huelva).

DIAGNÓSTICO

Phytophthora cinnamomi es uno de los patógenos de plantas más destructivos del mundo, causando muerte masiva de raíces absorbentes, reduciendo la capacidad del árbol de tomar del suelo agua y nutrientes, ocasionando síntomas parecidos a los de la sequía. Esto hace que el follaje se vuelva clorótico y muera. La sintomatología aérea de los árboles afectados es muy inespecífica y por tanto, poco útil para el diagnóstico: clorosis y/o marchitez foliar, defoliación, muerte regresiva de brotes y ramas (puntisecado), etc. Todos ellos son síntomas secundarios originados por la falta de absorción de agua en las raicillas infectadas, que muestran un color oscuro y se descascarillan fácilmente.

Cuando la infección radical es severa el descalce parcial de los árboles afectados muestra la ausencia de raicillas absorbentes. En estos casos los árboles infectados se colapsan repentinamente (síndrome de muerte súbita o apoplejía). En otros casos, el proceso de muerte puede durar varios años, particularmente en climas más frescos y húmedos (síndrome de muerte lenta).

Si la infección se extiende hasta las raíces leñosas o la base del tronco, aparecen lesiones de color pardo que pueden observarse al retirar la corteza del árbol



■ Síntomas aéreos: puntisecado de ramas



■ Síntomas aéreos: defoliación



■ Síndrome de muerte súbita o apoplejía



■ Síndrome de muerte lenta



■ Síntomas radicales: ausencia de raicillas absorbentes



■ Síntomas radicales: podredumbre y descascarillado de raicillas absorbentes

infectado. En ocasiones también se pueden producir lesiones en el tronco que exudan un fluido oscuro. El diagnóstico de la enfermedad se basa fundamentalmente en el aislamiento e identificación del patógeno de las raicillas infectadas o de la rizosfera.

ETIOLOGÍA

El agente causal de la podredumbre radical de *Quercus* es el Oomiceto *Phytophthora cinnamomi*.

El género *Phytophthora* tiene carácter acuático y esto implica que está ecológicamente favorecido por la presencia de agua en el suelo. Presenta un micelio cenocítico (aseptado) y diploide, constituido por hifas tubulares ramificadas, de 5 a 8 μm de diámetro. El micelio joven es hialino (casi transparente). Las hifas pueden ser lisas, nudosas o presentar hinchazones. En la especie *P. cinnamomi* las hinchazones hifales se producen muy abundantemente y constituyen una característica fundamental para diferenciarla de otras especies. Son intercalares o terminales y no están delimitadas por septas transversales; pueden ser esféricas, elipsoides o angulares y presentarse aisladas o formando cadenas de longitud variable o en forma de racimos. El contenido celular y la pared no son diferentes de los de las hifas.

La característica que define al grupo de los Oomicetos es su reproducción sexual, con la producción de oosporas después de la unión de los gametangios, en los cuales ocurre la meiosis antes de la fertilización. *Phytophthora* y otros Oomicetos tienen además unas características biológicas que no son comunes en otros hongos: la mayor parte del ciclo vital es diploide, mientras que en los hongos superiores es fundamentalmente haploide o dicariótico, sus paredes celulares están compuestas de celulosa y β -glucanos, y no de quitina, y poseen zoosporas biflageladas. Las numerosas características específicas de esta Clase ha llevado a muchos taxónomos a excluirla por completo del reino de los hongos (*Fungi*), incluyéndola en el reino *Stramenopila*.



■ Hifas nudosas



■ Esporangios



■ Hinchazones hifales esféricas en racimo



■ Esporangio con zoosporas formándose en su interior

Las estructuras reproductivas asexuales de *P. cinnamomi* son los esporangios, que se producen en hifas especializadas llamadas esporangióforos. Los esporangios siempre aparecen en posición terminal. La forma de los esporangios puede ser ovoide, obpiriforme o elipsoide. Sus dimensiones varían notablemente según los aislados, oscilando entre 11-103 x 11-53 μm . Los esporangióforos son simples o con ramificación simpodial y frecuentemente presentan proliferación interna. Otra característica de *P. cinnamomi* es la persistencia del esporangio en el esporangióforo y la ausencia de papila en su parte apical. Los esporangios tienen la capacidad de poder germinar y emitir zoosporas móviles. Las zoosporas son unas unidades infectivas únicas, con una capacidad de causar daño explosiva. Son esporas asexuales reniformes y biflageladas. Cuando las zoosporas entran en contacto con las raíces de la planta susceptible engrosan su pared celular y se redondean. En este estado se denominan quistes.

En el estado sexual se producen los gametangios femeninos u oogonios (saco en el que se forma la oospora) y los gametangios masculinos o anteridios. Ambos se forman en el extremo de las hifas. El oogonio crece a través del anteridio, atravesándolo, de forma que el anteridio queda como

un cuerpo que rodea el pedúnculo del oogonio, denominándose anteridio anfigino. Los anteridios pueden ser unicelulares o bicelulares, de dimensiones 19 x 17 μm . La oospora resultante de la unión de los gametangios ocupa todo el oogonio, denominándose plerótica. La oospora posee una pared gruesa; en el centro de la oospora está el ooplasto (también llamado cuerpo refringente) y en la parte superior se encuentra un cuerpo transparente que contiene el núcleo. Las oosporas de *P. cinnamomi* son esféricas, hialinas y de 19-54 μm de diámetro. Las oosporas sobreviven largos períodos de tiempo: son estructuras de resistencia a las cuales les resulta difícil germinar. La reproducción sexual aporta además la posibilidad de variación genética debida a la recombinación.

Phytophthora cinnamomi es una especie heterotálica o autoestéril. El comportamiento heterotálico consiste en que la especie no produce estructuras reproductivas sexuales a partir de un único talo, pero puede hacerlo cuando se pone en contacto con un talo complementario de tipo de apareamiento opuesto. Generalmente se denominan a los dos tipos complementarios A1 y A2. La forma A2 de *P. cinnamomi* es la más común, y se encuentra distribuida mundialmente. En la naturaleza el cruzamiento no suele llevarse a cabo, debido a la



■ Oospora con anteridio anfigino bicelular



■ Clamidospora

ausencia del tipo A1 en la mayoría de los suelos. Otras estructuras reproductivas asexuales que se observan frecuentemente en medios de cultivo o en tejidos infectados por *P. cinnamomi* son las clamidosporas. Estas clamidosporas pueden ser terminales o intercalares y a menudo aparecen en racimos de 3 a 10 clamidosporas. Siempre están delimitadas por una pared gruesa y lisa. Lo normal es que sean esféricas, de 31 a 50 μm de diámetro, pero también pueden ser elipsoidales. Al principio son hialinas, y posteriormente se vuelven amarillentas o marrones. El contenido es denso, observándose a veces un gran cuerpo central. Son las estructuras de resistencia más frecuentes en esta especie.

PATOGÉNESIS Y EPIDEMIOLOGÍA

Inicialmente, el hongo se encuentra en el suelo en forma de estructuras de supervivencia (oosporas y más frecuentemente, clamidosporas). Las especies de *Phytophthora* poseen gran habilidad para subsistir como propágulos en latencia con densidades de inóculo en suelo relativamente bajas.

Cuando la planta empieza a producir raíces, estas esporas germinan produciendo esporangios que a su vez germinan emitiendo las zoosporas mó-

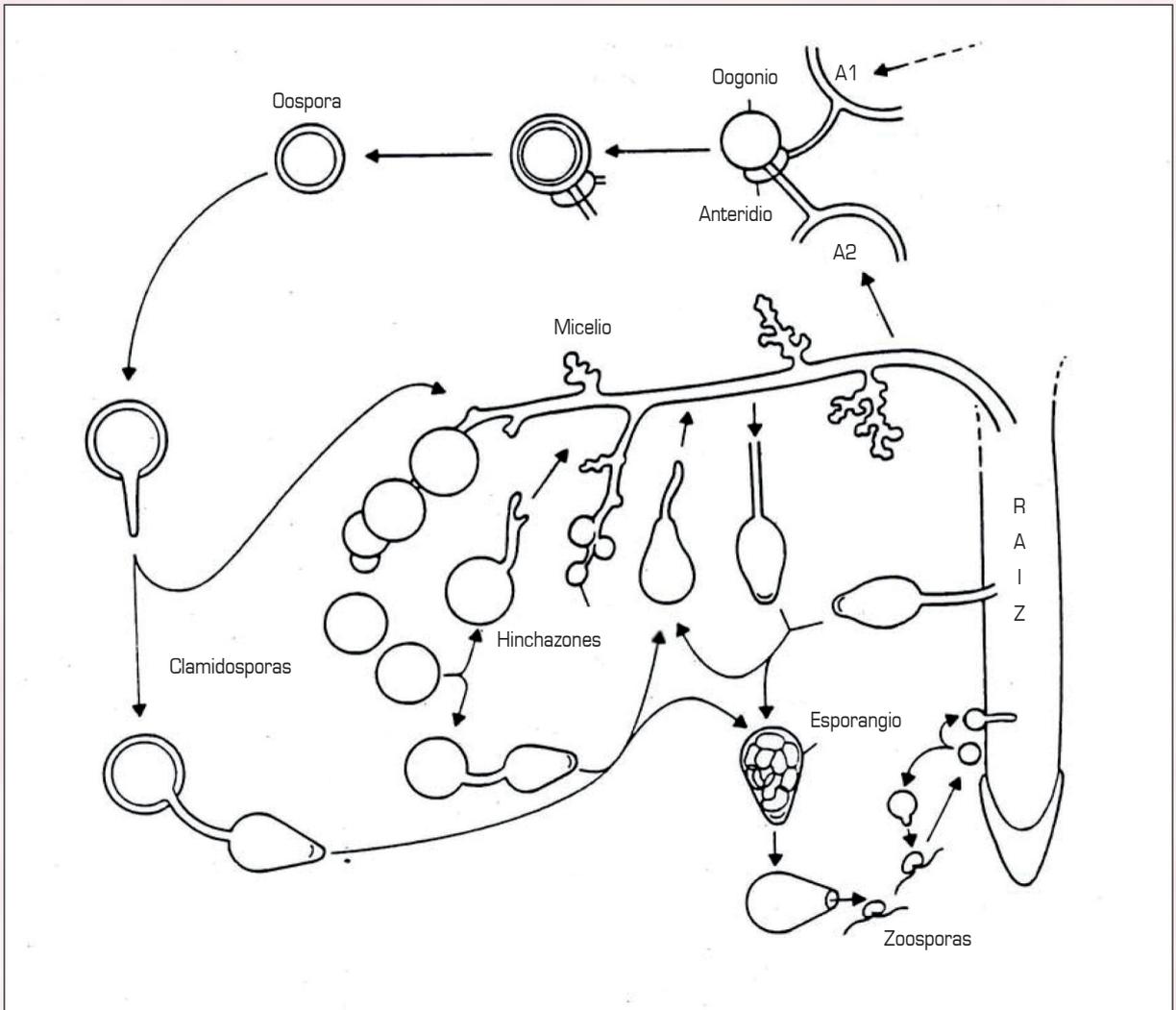
viles. El proceso de infección tiene lugar cuando hay agua libre en el suelo y su temperatura es relativamente alta ($\sim 25^\circ\text{C}$), condiciones que favorecen la producción de esporangios a partir de las estructuras de supervivencia en el suelo y la dispersión de las zoosporas. Las zoosporas nadan, desplazándose activamente en la película de agua que rodea las partículas del suelo, siendo atraídas químicamente por los exudados radicales de las especies vegetales susceptibles. Las zoosporas pueden moverse varios centímetros o ser transportadas por el agua del suelo hasta alcanzar los ápices radicales. La infección se produce en la zona de elongación de estas raicillas o bien a través de heridas. Cuando infectan al huésped dan lugar a un aumento de la población del patógeno, que se desarrolla rápidamente en sucesivos ciclos de producción de esporangios y esporulación, produciendo multitud de zoosporas infectivas bajo condiciones de saturación hídrica del suelo.

Phytophthora cinnamomi puede vivir en el suelo como micelio, pero su capacidad saprofítica es muy limitada. Las zoosporas enquistadas pueden sobrevivir varias semanas en el suelo húmedo, pero en ausencia de huésped o cuando las condiciones ambientales no son favorables, el hongo forma esporas de supervivencia de paredes gruesas en las raíces infectadas que quedan en el suelo como estructuras de resistencia.

Las plantas jóvenes con una proporción elevada de raíces absorbentes y en suelos encharcados son particularmente susceptibles al ataque, así como las raíces que han sufrido daños por estrés hídrico o heridas. La baja incidencia de podredumbres radicales en suelos donde existe el patógeno se atribuye a características del suelo, principalmente falta de humedad, y a la presencia de microorganismos antagonistas del patógeno.

La muerte de las raíces absorbentes como consecuencia de la actividad del hongo reduce el aporte de agua y nutrientes a la planta, dando lugar a marchitez y muerte progresiva de la parte aérea o a la reducción en el tamaño de las hojas. Los síntomas pueden aparecer a las pocas semanas tras la infección si ésta va seguida de un período de sequía (muerte súbita) o bien pueden tardar varios meses o años en desarrollarse cuando las condiciones ambientales tras la infección son frescas y húmedas. En este caso las plantas infectadas actúan como fuente de inóculo.





■ Ciclo de vida de *Phytophthora cinnamomi*

En zonas topográficamente bajas, con buena capacidad de retención de agua en el suelo, o que han sufrido encharcamiento, aparecen podredumbres radicales más severas, con pérdida casi total de raicillas absorbentes y lesiones necróticas que afectan incluso al cuello y la parte baja del tronco. Aunque en términos generales las infecciones se ven favorecidas por el encharcamiento estacional del suelo, los daños más

graves tienen lugar en zonas secas, sobre todo cuando tras una primavera lluviosa que favorece la dispersión de las zoosporas del patógeno y la infección de los árboles, se pasa a veranos y otoños secos y con altas temperaturas. En estas condiciones, con el sistema radical infectado, los árboles no son capaces de resistir el déficit hídrico y mueren.

CONTROL

El control de este patógeno es complicado debido a su amplia gama de huéspedes, al período a veces largo entre el establecimiento de la infección y la manifestación de síntomas y a la longevidad de sus estructuras de resistencia en el suelo.

La utilización de variedades o procedencias resistentes a *Phytophthora* spp. en especies leñosas es muy limitada. En relación con la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* en *Quercus*, la información disponible sobre la tolerancia / sus-



■ Rodal de encinas afectadas en vaguada

ceptibilidad de distintas procedencias de encina y alcornoque es aún escasa.

Los métodos de control químico presentan una serie de ventajas, como su facilidad de aplicación, rapidez de acción, persistencia, efectividad y bajo coste, que hacen que sean una opción tentadora, dada la baja eficacia a corto plazo de otros métodos de lucha. No obstante, los fungicidas a utilizar deben también ser compatibles con otros métodos de control. Actualmente, existen varios fungicidas sistémicos disponibles comercialmente: carbamatos, acetamidas y otras amidas, acilalaninas y fosfonatos. Aunque todos ellos se han descrito como eficaces en el control de hongos pitiáceos, la información sobre su eficacia en el patosistema *P. cinnamomi/Quercus* es aún escasa. En árboles de hojas coriáceas, como es la encina y en menor medida el alcornoque, la cantidad de producto absorbido tras la aplicación foliar de fosfonatos es baja y resulta insuficiente para alcanzar las raíces, agravado por el estado de defoliación que muestran los árboles enfermos. Esto supone que este modo de aplicación sea poco utilizado comercialmente debido al coste y baja respuesta de los árboles afectados. Para la aplicación de fungicidas sistémicos se prefieren los métodos que aseguren la presencia del fungicida en las zonas infectadas en concentraciones adecuadas: aplicación al suelo o introducción en el tronco. Algunas experiencias realizadas con fungicidas específicos aplicados por inyección al tronco en encinas y alcornoques afectados muestran resultados esperanzadores, aunque todavía no hay una evidencia experimental suficiente como para recomendar dosis y tratamientos concretos.

La aplicación de enmiendas orgánicas o húmicas es una medida de control utilizada contra patógenos de suelo. Hay antecedentes en los que la materia orgánica, debido a su contenido en ácidos húmicos y fúlvicos, reduce la incidencia de la podredumbre de raíz causada por

Phytophthora. La información disponible en el patosistema *Quercus / P. cinnamomi* es escasa; no obstante, se han obtenido buenos resultados en el control del hongo mediante la aplicación de enmiendas biológicas en suelos infestados.

Algunos sistemas biológicos de control de *P. cinnamomi* utilizando antagonistas son prometedores, pero los datos de los que se dispone actualmente son insuficientes para su comercialización. La búsqueda de antagonistas entre los hongos que forman micorrizas con *Quercus* spp. también es una alternativa interesante. El conocimiento sobre estas asociaciones simbióticas mutualistas y su posible utilización para el control de patógenos de suelo ha aumentado considerablemente en los últimos años.

Para evitar la diseminación de la enfermedad debe asegurarse un buen drenaje del suelo. Los pies infectados deben destruirse y evitarse el movimiento del suelo infestado incluso con el calzado, las herramientas o la maquinaria.

En cuanto al material de vivero, ha de cultivarse asegurando una buena aireación y drenaje del suelo. En Andalucía se han detectado casos de viveros forestales con problemas de muerte de encinas producidas por *P. cinnamomi*. Estos casos aparecían asociados a drenajes deficientes, bien por la inadecuada elección de envase o de sustrato para el cultivo.



■ Plantas de vivero afectadas de podredumbre radical

BIBLIOGRAFÍA

BRASIER, C.M. 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Annals of Forest Science* 53:347-358.

ERWIN, D. C., RIBEIRO, O. K. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press, St. Paul, MN. 562 pp.

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; GALLEGO, F.J.; BENLLOCH, M.; MEMBRILLO, J.; INFANTE, J.; PÉREZ DE ALGABA, A. 1999. Treatment of oak decline using pressurized injection capsules of antifungal materials. *European Journal of Forest Pathology* 29:29-38.

NAVARRO, R.M.; TERÁN A.I.; SÁNCHEZ M.E. 2006. Acción preventiva y curativa del fosfonato en el control de *Phytophthora cinnamomi* Rands en encina y alcornoque. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 32:685-694.

SÁNCHEZ, M.E.; CAETANO, P.; FERRAZ, J.; TRAPERO, A. 2002. *Phytophthora* disease of *Quercus ilex* in southwestern Spain. *Forest Pathology* 32: 5-18.

SÁNCHEZ, M.E.; SÁNCHEZ, J.E.; NAVARRO, R.M.; FERNÁNDEZ, P.; TRAPERO, A. 2003. Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de *Quercus* en Andalucía. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 29:87-108.

SÁNCHEZ, M.E.; CAETANO, P.; ROMERO, M.A.; NAVARRO, R.M.; TRAPERO, A. 2006. *Phytophthora* root rot as the main factor of oak decline in southern Spain. In: *Progress in Research on Phytophthora Diseases of Forest Trees*. pp. 149-154. Brasier, C.; Jung, T.; Oswald, W. (Eds). Forest Research, Farnham, UK.

Grupo de Patología Agroforestal de la Universidad de Córdoba
P. Caetano, J.E. Sánchez, M.E. Sánchez y A. Trapero