

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



PODREDUMBRE RADICAL, DESCRIPCIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS ECOSISTEMAS DE DEHESA



Con la contribución
del instrumento financiero
LIFE de la Unión Europea

**PODREDUMBRE RADICAL,
DESCRIPCIÓN Y CONTROL
APLICADO A LOS ECOSISTEMAS
DE DEHESA**

PODREDUMBRE RADICAL, DESCRIPCIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS ECOSISTEMAS DE DEHESA

PUBLICA:

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)

AUTORES:

Alma M^a García Moreno¹

Pilar Fernández Rebollo²

Francisco Ortiz Berrocal¹

M^a Dolores Carbonero Muñoz³

AGRADECIMIENTOS:

Este manual se ha realizado en el marco del proyecto LIFE Biodehesa (LIFE11/BIO/ES/000726) bajo la coordinación de María Patrocinio González Dugo¹. Los autores agradecen la colaboración de Dña. M^a Esperanza Sánchez Hernández⁴, D. José Manuel Ruiz Navarro⁵, D. José Ramón Guzmán Álvarez⁶, D. José M^a Vega Guillén⁷, Dña. Juana Isabel Páez Sánchez⁷, y Dña. M^a Salud Orta Cordero⁷ en la revisión total o parcial del texto.

FOTOGRAFÍAS:

M^a Dolores Carbonero Muñoz: 10

Pilar Fernández Rebollo: 6 y 9

Alma M^a García Moreno: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, portada y contraportada.

Patología Agroforestal (ETSIAM, UCO): 3

Dep. Legal: CO-586-2016

Maquetación e impresión: XUL Comunicación Social

¹ Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) Centro Alameda del Obispo, Córdoba

² Dpto. de Ingeniería Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes (ETSIAM), Universidad de Córdoba.

³ Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) Centro Hinojosa del Duque

⁴ Dpto. de Agronomía, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes (ETSIAM), Universidad de Córdoba.

⁵ Equilibrios biológicos. Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (AMAYA)

⁶ Restauración de ecosistemas. Consejería de Medio Ambientes y Ordenación del Territorio (CMAOT)

⁷ Laboratorios de Producción y Sanidad Vegetal. Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA)

PRESENTACIÓN

La Ley para la Dehesa (7/2010), promulgada por el Parlamento de Andalucía en Julio de 2010, reconoce la gran importancia ecológica, económica, social y cultural de la dehesa, definiéndola como un paisaje humanizado que constituye un ejemplo de óptima convivencia de los hombres con el medio ambiente, modelo de gestión sostenible en la que se utilizan los recursos que ofrece la naturaleza sin descuidar su conservación. Sin embargo, reconoce también las amenazas que este sistema enfrenta en la actualidad y propone el desarrollo de una serie de instrumentos para coordinar las actuaciones encaminadas a su preservación y fomento. Cabe destacar el Plan Director de las Dehesas de Andalucía y los Planes Integrados de Gestión, como instrumentos para favorecer una planificación y gestión integrales y de uso múltiple, la viabilidad económica de las explotaciones, y la pervivencia del sistema. En el ámbito de la investigación y formación, la Ley recoge la necesidad de coordinación entre universidades y organismos públicos de investigación, y destaca la necesidad de desarrollar material didáctico dirigido específicamente a la formación de trabajadores cualificados, técnicos y especialistas en buenas prácticas de gestión de las dehesas.

La serie de manuales que componen esta colección, coordinada por el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA), responde a esta demanda de material formativo, pero a su vez, su desarrollo es muestra del esfuerzo colectivo de las distintas administraciones públicas y organizaciones que forman parte del proyecto LIFE+ bioDEHESA (LIFE11/BIO/ES/000726).

En el marco del programa medioambiental LIFE de la UE, el proyecto LIFE+ bioDEHESA (2012-2017): *Ecosistemas de dehesa. Desarrollo de políticas y herramientas para la gestión y conservación de la biodiversidad* tiene como principal objetivo promover la gestión integrada y sostenible de las dehesas en Andalucía, como medio para favorecer el estado actual de su biodiversidad a través de la divulgación de los resultados de diferentes tipos de actuaciones de mejora en parcelas demostrativas. Este proyecto está ayudando a impulsar el desarrollo de la Ley 7/2010, siendo una gran experiencia demostrativa de sus principales instrumentos. Está coordinado por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, y participan las siguientes entidades asociadas: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural (CAPDER), Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA), Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (AMAYA), IFAPA, Universidad de Córdoba (UCO) y las Organizaciones Agrarias: APROCA, ASAJA, COAG, Cooperativas Agro-alimentarias de Andalucía, ENCINAL y UPA.

Esta colección de manuales didácticos aborda los diez aspectos de la gestión de la dehesa, seleccionados durante la fase de formación de formadores del programa de asesoramiento y formación del proyecto LIFE+ bioDEHESA:

- La regeneración del arbolado en la dehesa.
- Podredumbre radical, descripción y control aplicado a los ecosistemas de dehesa.
- La producción de bellota de la encina en la dehesa.
- Fomento de la biodiversidad en la dehesa.
- Manejo de ganado ovino.
- Manejo de ganado porcino.
- Gestión de los pastos en la dehesa.
- Manejo del suelo frente a la erosión en dehesa.
- Compatibilización de la presencia de fauna cinegética con otros aprovechamientos en la dehesa.
- La poda del árbol en la dehesa.

Esta selección de temas aborda aspectos clave para la gestión de la dehesa, y va a constituir una herramienta eficaz para la formación especializada, el asesoramiento y la profesionalización del sector. En último término, estamos convencidos de que contribuirá a lograr el cumplimiento de los principios que recoge la Ley para la Dehesa y que han inspirado durante generaciones su gestión: integralidad, racionalidad, sostenibilidad y multifuncionalidad.

D. Jerónimo José Pérez Parra

Presidente del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **7**

UNIDAD 1. PODREDUMBRE RADICAL PRODUCIDA POR *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI* **9**

1. INTRODUCCIÓN	9
2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE <i>PHYTOPHTHORA CINNAMOMI</i>	9
3. DESARROLLO Y REPRODUCCIÓN DE <i>PHYTOPHTHORA CINNAMOMI</i>	10
4. SÍNTOMAS DE LA PODREDUMBRE RADICAL	12
5. RESUMEN	15
AUTOEVALUACIÓN UNIDAD 1	16

UNIDAD 2. PODREDUMBRE RADICAL EN LA DEHESA **19**

1. INTRODUCCIÓN	19
2. FACTORES QUE FACILITAN EL DESARROLLO Y DISPERSIÓN DE <i>PHYTOPHTHORA CINNAMOMI</i> EN LA DEHESA	19
2.1. Presencia de humedad en el suelo	19
2.2. Tª suaves en el suelo	21
2.3. Ausencia de calcio en el suelo	22
2.4. Presencia de plantas huésped	22
2.5. Movimientos de suelo	24
3. RESUMEN	25
AUTOEVALUACIÓN UNIDAD 2	26

UNIDAD 3. CONTROL DE LA PODREDUMBRE RADICAL **29**

1. INTRODUCCIÓN	29
2. DIAGNÓSTICO DE LA PODREDUMBRE RADICAL.....	29
3. MÉTODOS DE CONTROL.....	32
3.1. Evitar la compactación del suelo.....	33
3.2. Limitar los movimientos de suelo	34
3.3. Precaución al introducir material vegetal en la explotación	36
3.4. Evitar la presencia de especies huésped del patógeno	36
3.5. Biofumigación.....	37
3.6. Fertilizaciones cálcicas	37
3.7. Aplicación de sales de ácido fosforoso.....	38
4. RESUMEN.....	39
AUTOEVALUACIÓN UNIDAD 3.....	40

ANEXO. TOMA DE DECISIONES Y CASO PRÁCTICO **43**

SOLUCIONES DE LAS AUTOEVALUACIONES **52**

GLOSARIO **53**

BIBLIOGRAFÍA **55**

INTRODUCCIÓN

A comienzos de la década de los 90, propietarios de explotaciones, científicos y autoridades observaron un importante deterioro y mortalidad de las encinas y alcornoques en el sur de la península. En ciertas zonas los árboles se secaban, de ahí que popularmente se le comenzase a denominar “Seca”. Así, este término hace referencia al deterioro y muerte del arbolado sin que se sepa con certeza cuál o cuáles pueden ser las causas.

En los últimos años, los esfuerzos realizados por la administración y la comunidad científica han estado orientados a minimizar la confusión existente entre ganaderos, corcheros, técnicos y opinión pública en general sobre los orígenes que ocasionan la falta de vitalidad y/o mortandad en encinas y alcornoques, con la intención de poder actuar en cada caso de acuerdo a la naturaleza del problema. En este sentido, se ha puesto de manifiesto la necesidad de realizar diagnósticos adecuados que establezcan en cada caso si se trata de un proceso de decaimiento, en el cual estarían involucrados varios agentes causantes conjuntamente o, por el contrario, el problema es debido a un agente concreto capaz de producir por sí solo el deterioro y muerte del arbolado (plaga, enfermedad, gestión inadecuada, etc.)

En este contexto, la **podredumbre radical** originada por el patógeno *Phytophthora cinnamomi* Rands. ha sido identificada como una de las enfermedades más dañinas y letales que está afectando a los ejemplares de *Quercus* a nivel mundial. En Andalucía, su presencia ha sido confirmada mediante análisis de laboratorio en una superficie importante de las formaciones adehesadas, por lo que requiere de una atención particular y de un especial esfuerzo de comunicación y divulgación entre los sectores ligados a la dehesa.

El presente manual pretende ser una guía práctica y sencilla donde consultar aspectos que ayuden a comprender las condiciones que favorecen que se produzca la infección y reproducción del patógeno, además de facilitar el diagnóstico y la puesta en práctica de los métodos de control actualmente disponibles, al objeto de dificultar el contagio y prevenir el avance de la enfermedad.

UNIDAD 1

PODREDUMBRE RADICAL PRODUCIDA POR *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI*

1.

Introducción

Phytophthora cinnamomi (la primera palabra se pronuncia **fitóftora**) es un patógeno de suelo que se encuentra ampliamente distribuido a nivel mundial y causa importantes daños en multitud de especies. En la Península Ibérica es conocido desde hace décadas por ser el causante de la Tinta del castaño, y de forma más reciente por producir podredumbre radical en encinas y alcornoques.

Conocer los mecanismos de infección y reproducción de este patógeno así como aprender a advertir su presencia resulta primordial para poder paliar sus efectos y frenar su avance.

2.

Origen y distribución de *Phytophthora cinnamomi*

Phytophthora cinnamomi es un patógeno que causa la muerte masiva de las raíces absorbentes de las plantas, las encargadas de tomar el agua y los nutrientes del suelo. Aunque en principio fue clasificado como un hongo, en la actualidad se considera que es un oomiceto.

Fue descrito por primera vez en 1922 en la isla de Sumatra (Indonesia) y está considerado uno de los organismos fitopatógenos más agresivos y destructivos del mundo, ya que es capaz de infectar a más 1000 especies vegetales distintas, principalmente leñosas. No en vano, el término *Phytophthora* significa “destructor de plantas”.

Está ampliamente distribuido por el mundo (Figura 1), habiéndose constatado su presencia en países como Australia, Francia, Italia, México, Nueva Zelanda, Portugal, Rumanía, Eslovaquia, España, Suiza, Reino Unido, Estados Unidos, China y Sudáfrica, afectando a la vegetación de zonas tropicales y subtropicales, regiones de clima templado-suave y al mediterráneo.

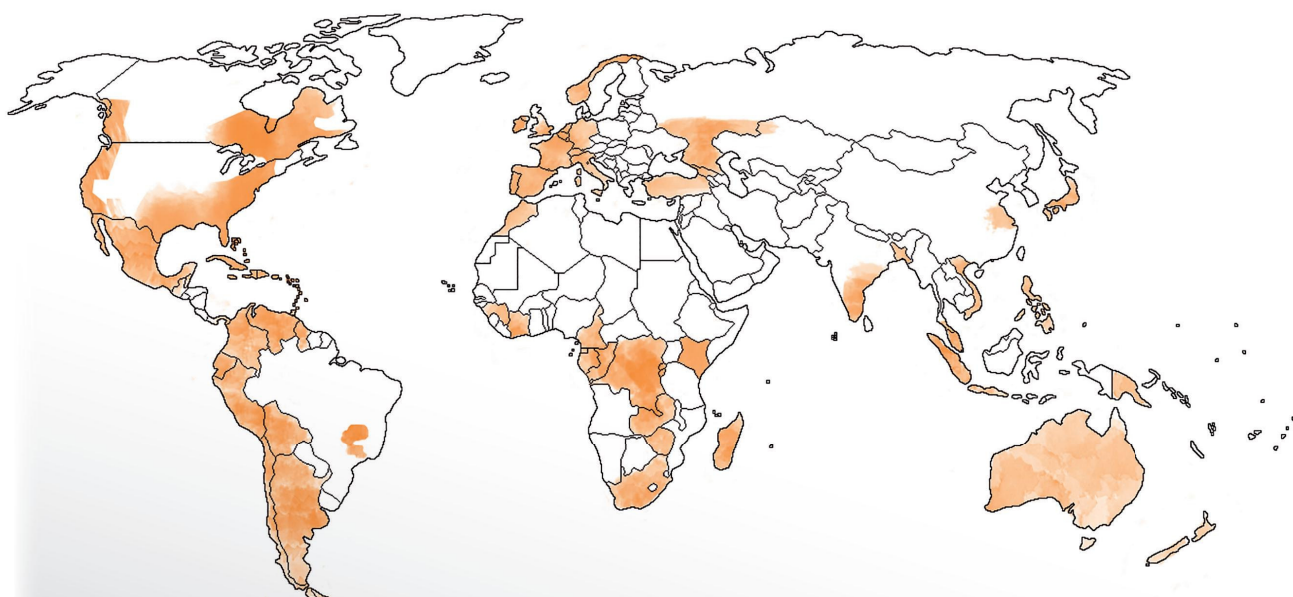


Figura 1. Mapa de distribución para *Phytophthora cinnamomi*. Fuente: elaboración propia a partir de EPPO, 2011

Los datos recogidos por la Organización Europea y Mediterránea de Protección Vegetal (EPPO) en 2011, alertan del elevado impacto medioambiental y económico que causa la podredumbre radical originada por *P. cinnamomi* en distintos ecosistemas en el mundo. Se trata del mismo patógeno que causa enfermedades como la tinta del castaño o la tristeza del aguacate, además de ocasionar importantes daños en bosques de eucaliptos de Australia.

En la Península Ibérica la determinación de *P. cinnamomi* como causante de la podredumbre de las raíces de varias especies de *Quercus* mediterráneas, como son la encina y el alcornoque, se conoce desde principios de los 90. Las zonas afectadas comprenden principalmente el sur de Portugal, Extremadura y Andalucía occidental, siendo este problema especialmente devastador en la provincia de Huelva.

3.

Desarrollo y reproducción de *Phytophthora cinnamomi*

La infección de *P. cinnamomi* provoca en las plantas la podredumbre de sus raíces absorbentes y disminuye por tanto su capacidad para tomar agua y nutrientes del suelo. Por tanto, se puede decir que las plantas mueren por inanición.

Su ciclo de vida tiene lugar únicamente en el suelo y en las raíces, y no se desarrolla en ninguna otra parte de la planta. De forma simplificada podría decirse que existen tres estructuras básicas que lo caracterizan.

- **Micelio**, se trata del cuerpo del patógeno. Es una estructura en forma de hilos que a medida que se desarrolla y crece va pudriendo la raíz. El micelio penetra y coloniza las raíces pero es incapaz de sobrevivir fuera de ellas.
- **Zoosporas** o esporas infectivas. Son las estructuras que inician la infección en las raíces. Se forman dentro de unas cápsulas llamadas esporangios, las cuáles pueden albergar grupos de entre 30 y 40 zoosporas (Figura 2). Se caracterizan por su escasa capacidad de supervivencia, ya que en condiciones de humedad y temperaturas óptimas son capaces de sobrevivir sólo algunos días. Poseen dos filamentos que les permiten desplazarse activamente en el agua del suelo.
- **Clamidosporas** o esporas de resistencia (Figura 3). Son las estructuras que se forman y permanecen en el suelo y en las raíces muertas cuando las condiciones ambientales son desfavorables, fundamentalmente cuando el suelo está seco. En estas condiciones pueden subsistir durante algunos meses.

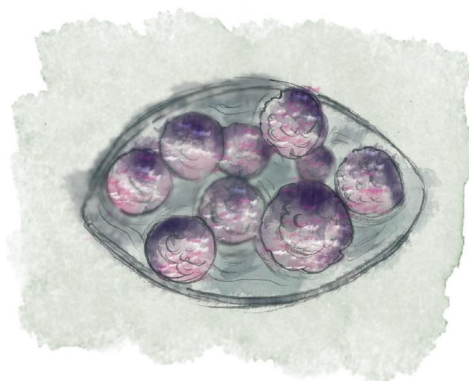


Figura 2. Esporangio con las zoosporas formadas en su interior.

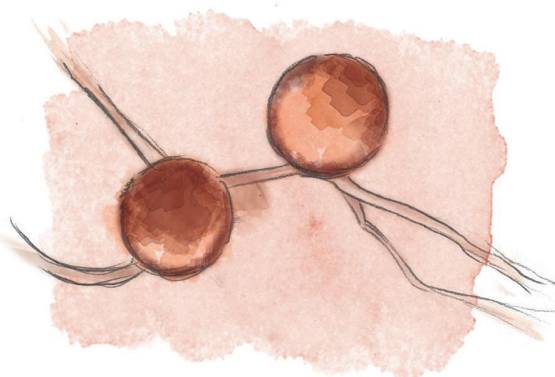


Figura 3. Clamidosporas de *Phytophthora cinnamomi* producidas en extracto de suelo.

El ciclo de vida de este patógeno tiene una gran dependencia de las condiciones ambientales (Figura 4).

En **condiciones favorables, temperaturas suaves y humedad en el suelo**, las zoosporas son capaces de penetrar en las raíces, proceso que se produce con mayor facilidad a través de las zonas en crecimiento o de heridas. Una vez dentro se produce el crecimiento del micelio, colonizando el interior de la raíz y pudriéndola poco a poco. A partir del micelio se producen esporangios, cápsulas repletas de zoosporas móviles, las cuales son liberadas al suelo. Estas zoosporas son capaces de nadar distancias de varios centímetros en el agua que rodea a las partículas de suelo o pueden ser transportadas por el agua que se desliza sobre el suelo, recorriendo entonces distancias mayores. Además son atraídas por sustancias que exudan las raíces de las plantas susceptibles a la enfermedad, por lo que fácilmente comienzan multitud de nuevas infecciones.

En **condiciones de sequedad del suelo o cuando la raíz infectada muere**, las zoosporas y el micelio no son capaces de sobrevivir, y *P. cinnamomi* forma las clamidosporas, que permanecerán como estructuras de resistencia en el suelo o dentro de las raíces muertas. Cuando el suelo se humedece, estas clamidosporas son capaces de germinar y producir nuevos esporangios repletos de zoosporas, las cuales al ser liberadas al suelo infectarán nuevas raíces.

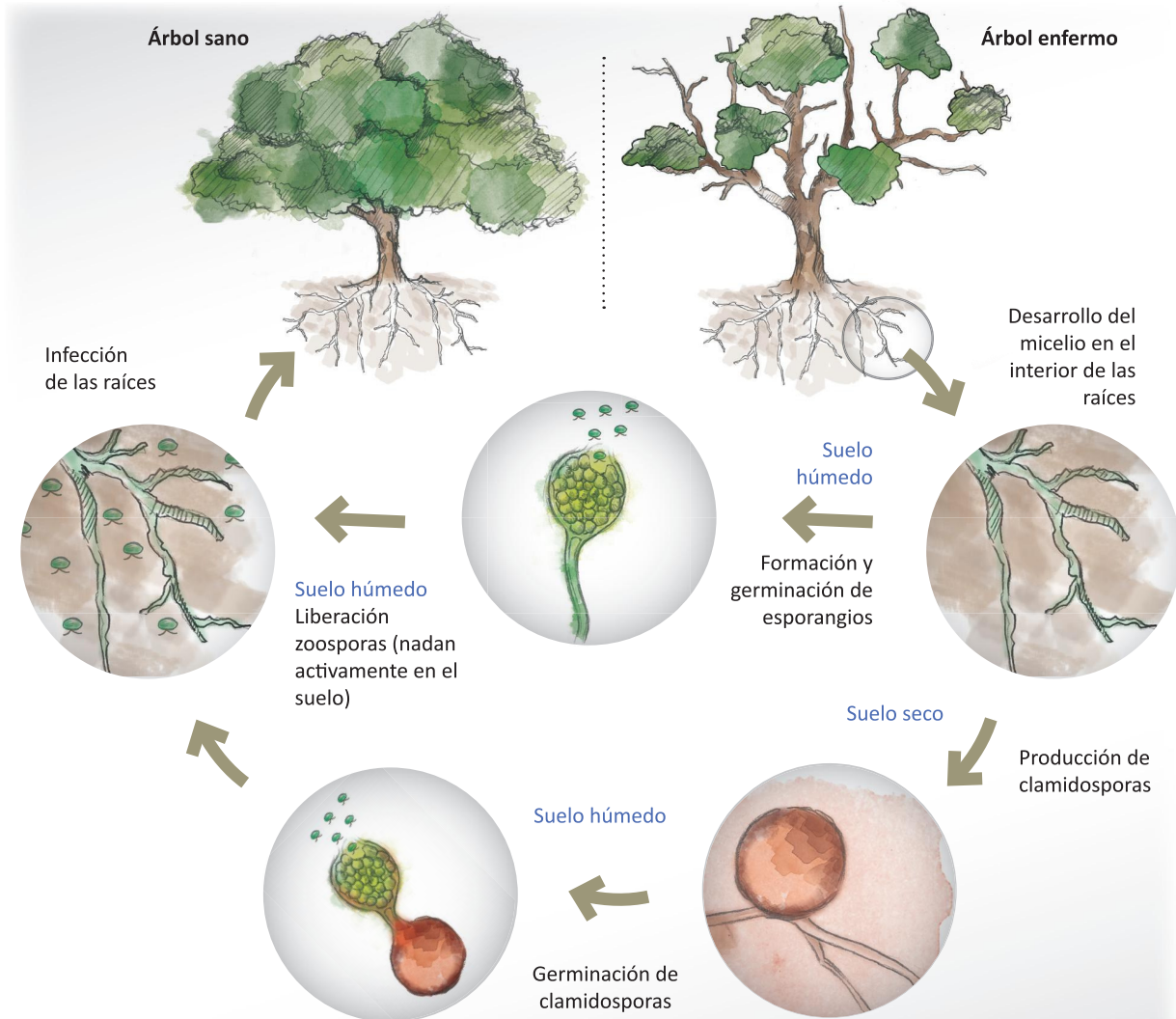


Figura 4. Ciclo de vida de *P. cinnamomi*.

4.

Síntomas de la podredumbre radical

Los síntomas son aquellas anomalías que se pueden observar en las plantas y que nos revelan la existencia de una enfermedad y las posibles causas que los producen.

Los síntomas de la podredumbre radical son muy inespecíficos y pueden confundirse con los producidos por una sequía. Por ello, únicamente resultan útiles para detectar plantas que podrían estar afectadas por la enfermedad, siendo necesario que posteriormente se obtenga un **diagnóstico definitivo** mediante la **identificación de *P. cinnamomi* en un laboratorio cualificado** partir de una muestra de raicillas infectadas y del suelo cercano a estas.

La **copa** es la zona del árbol en la que se evidencian mayor número de síntomas, aunque, tal y como se ha advertido anteriormente, se trata de síntomas muy generales y similares a los que produce la sequía (Foto 1). En general se pueden observar algunos de los siguientes síntomas:

- marchitez de las hojas, las cuales pierden su color verde característico y se tornan amarillas o pardas, abarquilladas y con aspecto reseco
- aclarado de la copa del árbol, producido por la pérdida paulatina de hojas
- muerte de brotes y ramas. Se observan puntas secas (también llamado puntisecado) en las ramas distales
- emisión de brotes adventicios, también llamados “chupones”.



Foto 1. Síntomas en la copa producidos por podredumbre radical.

En el **tronco** es poco frecuente advertir síntomas. Únicamente si la infección se extiende hasta las raíces leñosas (las más gruesas del árbol) o hasta la base del tronco se pueden apreciar lesiones o manchas de color pardo en estas zonas. En algunos casos, aunque no siempre están asociados a la presencia de *P. cinnamomi*, aparecen exudaciones en el tronco al retirar la corteza muerta (Foto 2).

En las **raíces** es más difícil observar síntomas por encontrarse éstas bajo tierra, pero fundamentalmente porque a medida que la enfermedad avanza la cantidad de raíces, sobre todo las raicillas absorbentes (las más finas), disminuye sustancialmente. Si se tiene la ocasión de observar algu-



Foto 2. Aparición de síntomas secundarios: corteza muerta y exudaciones.

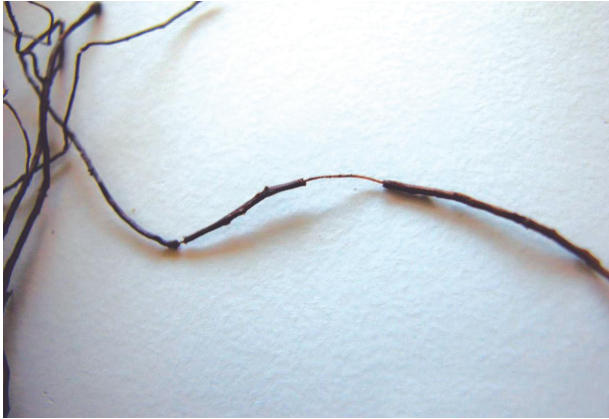


Foto 3. Podredumbre de una raíz absorbente afectada por podredumbre radical.

nas de ellas infectadas, se aprecia que muestran un color oscuro y se descascarillan fácilmente, es decir, algunos trozos de la raíz se desprenden si se rozan un poco con los dedos (Foto 3).

Generalmente existe un retraso entre la infección de las raíces y la aparición de los síntomas en la planta, cuya duración es distinta según las condiciones en las que se desarrolle la enfermedad. Son habituales los siguientes procesos:

- **Muerte lenta.** Los árboles infectados comienzan a presentar un deterioro paulatino (amarillez, marchitez, pérdida de hoja...), que puede alargarse varios meses o años (Foto 4). Esta forma de

manifestación de síntomas suele ser más habitual en árboles vigorosos y bien nutridos, que conservan la capacidad de formar algunas raíces nuevas que le permiten seguir tomando agua y nutrientes. El deterioro lento también se produce cuando después de la infección no tienen lugar situaciones de sequía severa.



Foto 4. Encina afectada de podredumbre radical. Muerte lenta.

- **Muerte súbita.** Los árboles infectados se colapsan y mueren tras la aparición de los primeros síntomas en la copa (Foto 5). Las ramas se secan rápidamente y las hojas adquieren un color amarillento o marrón, quedando secas y prendidas del árbol durante un tiempo. Suele ocurrir cuando la infección es muy fuerte, ya que el árbol pierde una gran cantidad de raíces en poco tiempo y con ellas la capacidad de tomar agua del suelo. También podemos observar este fenómeno cuando después de la infección tiene lugar un período de sequía severo, ya que a la escasez de agua, se suma la falta de raíces absorbentes.



Foto 5. Encina afectada de podredumbre radical. Muerte súbita.

5.

Resumen

Phytophthora cinnamomi es un organismo patógeno muy destructivo, extendido por numerosos países del mundo y capaz de infectar a un gran número de especies leñosas entre las que se encuentran la encina y el alcornoque. Actúa pudriendo las raíces del árbol, hecho que provoca su muerte por falta de absorción de nutrientes y de agua principalmente.

Cuando existen condiciones óptimas como temperaturas suaves y humedad en el suelo, el patógeno se multiplica e infecta a nuevas raíces. Cuando el suelo está seco o falto de plantas a las que infectar, el patógeno permanece en el suelo a la espera de que mejoren las condiciones.

Los árboles afectados muestran síntomas muy inespecíficos: amarillez y pérdida de hoja, muerte de brotes, etc., los cuáles dan lugar a un lento deterioro del árbol hasta su muerte o a una muerte repentina en tan solo unos días. Estos síntomas pueden ser confundidos fácilmente con los producidos por sequía, por lo que es esencial hacer un diagnóstico de la enfermedad en el laboratorio aislando el patógeno de las raíces infectadas y del suelo cercano a éstas.

AUTOEVALUACIÓN UNIDAD 1

1. *Phytophthora cinnamomi* es un patógeno que causa enfermedad

	a) solamente en encina y alcornoque
	b) solamente en encina, alcornoque, castaño y aguacate
	c) en más de 1000 especies, la mayoría de ellas leñosas
	d) en más de 1000 especies, la mayoría de ellas herbáceas

2. La presencia de *P. cinnamomi* asociada a la podredumbre de las raíces en encina y alcornoque en la Península Ibérica, se conoce desde finales de la década de los 90

	Verdadero
	Falso

3. *P. cinnamomi* es un patógeno que produce:

	a) la podredumbre de las raíces absorbentes de las plantas
	b) la podredumbre de las raíces, el tronco y las hojas de la planta
	c) la podredumbre de las raíces y las hojas de la planta
	d) ninguna de las anteriores es correcta

4. Las estructuras de reproducción de *P. cinnamomi* están presentes:

	a) en las hojas y raíces de la planta
	b) sólo en las raíces de la planta
	c) en las raíces de la planta y el suelo
	d) en las hojas, tronco y raíces de la planta

5. En ausencia de humedad en el suelo:

	a) <i>P. cinnamomi</i> muere y la enfermedad desaparece a los pocos días
	b) <i>P. cinnamomi</i> crea estructuras de reproducción que resisten en el suelo hasta que mejoran de las condiciones de humedad
	c) la actividad de <i>P. cinnamomi</i> es la misma que cuando existe humedad en el suelo
	d) <i>P. cinnamomi</i> crea zoosporas que se dispersan y provocan infecciones en nuevas raíces

6. Los síntomas de la podredumbre radical producida por *P. cinnamomi* son muy inespecíficos y parecidos a los de la sequía, por tanto no sirven para diagnosticar la enfermedad por sí solos.

	Verdadero
	Falso

7. Los síntomas que se asocian a los árboles afectados por podredumbre radical son:

	a) presencia de agallas en las hojas
	b) presencia de agallas en las hojas y agujeros de cerambícidos en el tronco
	c) marchitez y pérdida de las hojas generalizada
	d) todas las anteriores son verdaderas

8. Un árbol que aparentemente está sano puede estar afectado por podredumbre radical y no mostrar síntomas de la enfermedad hasta pasados varios meses.

	Verdadero
	Falso

UNIDAD 2

PODREDUMBRE RADICAL EN LA DEHESA

1.

Introducción

La dehesa constituye el sistema agrosilvopastoral más representativo de la Península Ibérica, no sólo por su extensión (más de 4 millones de hectáreas) sino también por la notable importancia de sus valores económicos y ambientales. El arbolado, elemento esencial del sistema, desempeña una función productiva como proveedor de ramón, leña, corcho y principalmente bellota para el cebo del cerdo ibérico, pero también tiene una función ecológica, ya que juega un papel fundamental en el equilibrio del ecosistema y contribuye a la creación de distintos ambientes que favorecen la biodiversidad. Por ello, la pérdida de arbolado en la dehesa es en la actualidad una de las principales amenazas que la acechan.

Phytophthora cinnamomi tiene mecanismos propios que le permiten multiplicarse y dispersarse, propiciando la extensión de la enfermedad. En el caso de la dehesa, confluyen además factores ligados a las características del propio ecosistema (suelo, clima, especies vegetales que la habitan, movimiento de la fauna silvestre...) pero también factores fruto de la actividad ganadera, agrícola y forestal, que contribuyen de forma importante a la proliferación y dispersión del patógeno.

2.

Factores que facilitan el desarrollo y dispersión de la *Phytophthora cinnamomi* en la dehesa

2.1. Presencia de humedad en el suelo

Las condiciones de humedad del suelo intervienen de forma importante en la multiplicación y dispersión de *P. cinnamomi* en el medio.

Un suelo húmedo permite que el patógeno complete su ciclo de vida, propiciando la formación de nuevas zoosporas tanto a partir de la germinación de las clamidosporas que se encontraban en estado latente, como favoreciendo que tengan lugar sucesivos ciclos de infección y multiplicación en las raíces. Por tanto, es un factor que incrementa considerablemente el riesgo de que se produzcan nuevas infecciones en plantas sanas y reinfecciones en plantas ya enfermas de podredumbre radical.

En las formaciones adehesadas el agua existente en el suelo no sólo va a depender de la lluvia recibida a lo largo del año, sino que además existen otras características inherentes al relieve, al suelo y a la gestión que determinan su distribución espacial y el tiempo de permanencia en el terreno, como son:

- **Configuración del relieve.** La topografía del terreno es la principal responsable de la desigual distribución del agua en el suelo. En zonas bajas como vaguadas y cursos de agua (regajos, arroyos o ríos), ya sean estos permanentes o temporales, el agua se acumula, por lo que estos suelos permanecen húmedos durante periodos más prolongados que en zonas altas del relieve.
- **Textura del suelo.** Está íntimamente relacionada con la porosidad (huecos que quedan entre las partículas de suelo) y con el tamaño de los poros y, por tanto, es uno de los factores que determina la cantidad y el tiempo que el agua puede quedar retenida en el suelo (Figura 5). En general, las dehesas suelen estar asentadas sobre suelos de textura arenosa, los cuales se caracterizan por poseer poros de gran tamaño por los que el agua circula con facilidad, drenando de forma rápida. La capacidad para retener agua es limitada en estos suelos. No obstante, en algunas dehesas donde los suelos contienen mayor proporción de limo y arcilla, el agua puede circular con mayor dificultad debido al menor tamaño de los poros, ralentizándose el drenaje. Estos suelos menos permeables son los más propicios para el desarrollo de la enfermedad, ya que el agua tiende a permanecer en ellos durante periodos más prolongados.

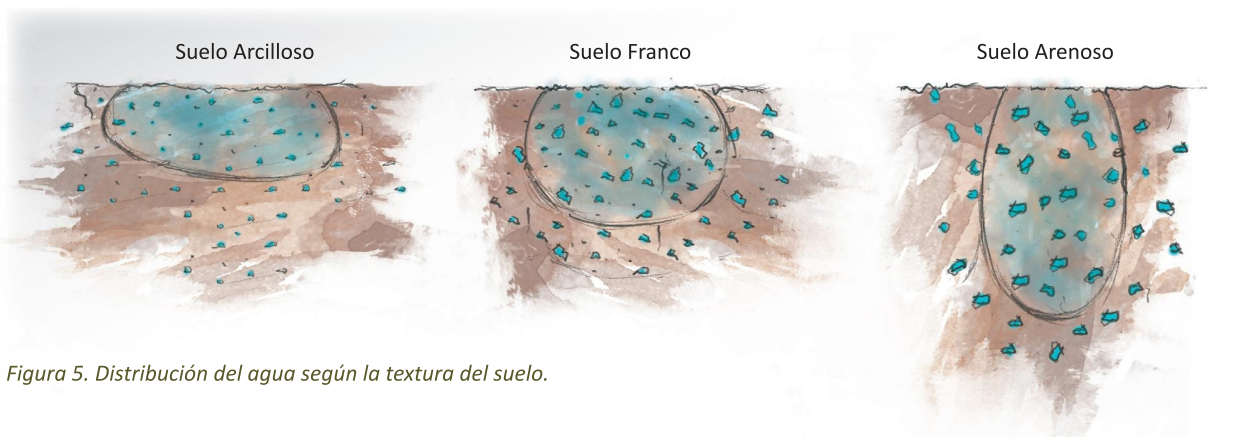


Figura 5. Distribución del agua según la textura del suelo.

- **Materia orgánica en el suelo.** La presencia de materia orgánica en los suelos arenosos contribuye a aumentar la porosidad y el porcentaje de poros finos facilitando que el agua penetre y sea retenida en el suelo.

La humedad del suelo y el exceso de agua, además de propiciar la multiplicación de *P. cinnamomi* también **favorece su dispersión**. En este sentido, el transporte del patógeno en el agua puede producirse de distintas formas:

- desplazamiento activo de las zoosporas en el agua del suelo, nadando gracias a los filamentos que poseen
- transporte pasivo de las zoosporas y las clamidosporas en el flujo de agua existente entre los poros del suelo
- transporte pasivo de las zoosporas y las clamidosporas en el agua de escorrentía, es decir, el agua que no se filtra y se desliza por la superficie del suelo.

El transporte pasivo en el agua de escorrentía constituye la vía principal de dispersión del patógeno en los ecosistemas naturales. Por ello, en la dehesa es frecuente observar que la enfermedad avanza de forma rápida a lo largo de la red de drenaje, es decir, la red natural de transporte y evacuación de agua y sedimentos que forman los arroyos, ríos, lagos y flujos subterráneos.

En la figura 6 puede apreciarse un ejemplo de la expansión de la enfermedad siguiendo los arroyos y vaguadas.



Figura 6. Zonas de vaguadas y arroyos en el Andévalo (Huelva) donde se observa la pérdida de arbolado debido a la podredumbre radical desde el año 2001 (imagen izquierda) hasta 2011 (imagen derecha). Fuente: Junta de Andalucía.

Asimismo, los caminos y pistas de la explotación pueden convertirse en vías de dispersión del patógeno en la medida que contribuyen a la evacuación de los excesos de agua.

Por último, se deben tener en cuenta otros factores ambientales y de gestión que se relacionan de forma directa con el incremento de la escorrentía en el suelo. Entre ellos se pueden citar los episodios de lluvias fuertes o torrenciales, sobre todo cuando el suelo está seco; la compactación del suelo provocada por el paso continuado del ganado y de la maquinaria; una escasa cobertura de vegetación o la presencia de especies con sistemas radicales someros, las cuales facilitan en menor medida la infiltración del agua.

2.2. Temperaturas suaves en el suelo

La temperatura del suelo condiciona el ciclo de vida de *P. cinnamomi*. El desarrollo de este patógeno tiene lugar en un amplio rango de temperaturas, ya que su actividad únicamente cesa cuando se alcanzan temperaturas inferiores a 0°C o superiores a 35°C. No obstante, la temperatura óptima en la cual se produce la mayor tasa de crecimiento y reproducción del patógeno está en torno a 25-30°C (Figura 7). Debe tenerse en cuenta que dichas temperaturas vienen referidas al suelo, entorno en el que vive el patógeno, y que por tanto difieren de la temperatura del aire. Por norma general, la temperatura del suelo está atemperada con respecto a la del aire en algunos grados, de forma que para alcanzar en el suelo las temperaturas límites citadas, las condiciones de frío y calor en el aire tendrán que ser más extremas. En este sentido, el clima mediterráneo predominante en las zonas donde existen dehesas es especialmente

propicio para el desarrollo de la podredumbre radical, puesto que durante la mayor parte del año las temperaturas registradas permiten el crecimiento y multiplicación de *P. cinnamomi*.

La primavera y el otoño, con temperaturas suaves y abundante agua en el suelo, son las estaciones más propicias para la proliferación del patógeno con una mayor probabilidad de infección. El invierno es una estación algo menos favorable para el desarrollo del patógeno debido a las bajas temperaturas que se alcanzan, las cuales, aunque no llegan a descender tanto como para detener su actividad, sí logran ralentizarla. En verano, la combinación de altas temperaturas y falta de humedad en el suelo dificultan el desarrollo de *P. cinnamomi*, siendo la estación en la que menos peligro de contagio se registra. Sin embargo, es en esta época en la que se observan con mayor facilidad los síntomas en las copas de los árboles afectados por la enfermedad. Esto se debe a que a la escasez de agua propia de la época estival se unen los daños en las raíces ocasionados por el patógeno durante la primavera y el otoño previos, los cuales merman la capacidad de absorción de agua de la planta.

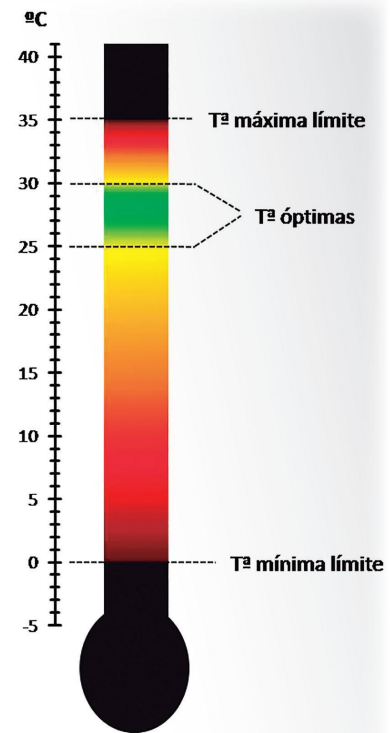


Figura 7. Rango de temperaturas del suelo óptimas y límites para el desarrollo del ciclo de vida de *P. cinnamomi*.

2.3. Ausencia de calcio en el suelo

Los suelos ricos en calcio constituyen un medio poco favorable para la reproducción de *P. cinnamomi*, dificultando el desarrollo de la enfermedad. Se dice que son suelos supresivos. En la zona sur oriental de Andalucía, fundamentalmente en las provincias de Málaga y Granada, predominan los suelos calcáreos con un contenido importante de caliza activa, por ello, a grandes rasgos, la incidencia de la enfermedad en estas zonas es escasa. Sin embargo, la mayoría de las dehesas están asentadas sobre suelos ligeramente ácidos y pobres en nutrientes, destacando en muchos de ellos la falta de calcio. Este tipo de suelos son frecuentes en las zonas adhesadas de Sierra Morena, provincias de Huelva, Sevilla, Córdoba y Jaén, sitios en los que existe un mayor riesgo de proliferación de la enfermedad.

2.4. Presencia de plantas huésped

Se denomina **planta huésped** a aquella que puede ser infectada por un patógeno, en nuestro caso *P. cinnamomi*. Por el contrario, se denomina **planta no huésped** a aquella que el patógeno no es capaz de infectar, y en la que por tanto, no se produce enfermedad. Entre las plantas huésped encontramos:

- **plantas sintomáticas**, son aquellas que tras la infección causada por *P. cinnamomi* muestran síntomas de la enfermedad. Estas plantas contribuyen a la multiplicación del patógeno en el suelo ya que hacen posible que éste complete su ciclo de vida.
- **plantas asintomáticas**, son aquellas que tras la infección causada por *P. cinnamomi* no manifiestan síntomas, por tanto, no sufren enfermedad. La contribución de estas plantas a la multiplicación del patógeno depende de la especie, completándose el ciclo de vida en algunas de ellas mientras que en otras no.

La presencia de plantas huésped sintomáticas en las zonas en las que *P. cinnamomi* ha sido detectada favorece su persistencia en el tiempo. Estas plantas sirven a la vez para hospedar al patógeno y como fuente de inóculo, pues a partir de raíces infectadas se producen nuevas estructuras de reproducción (zoosporas y clamidosporas). Además, la propagación de la enfermedad también se ve facilitada al aumentar la densidad de plantas huésped, ya que las infecciones se facilitan cuando hay contacto entre raíces.

Existe cierto conocimiento sobre el carácter hospedador de las especies presentes en la dehesa. En el caso de las **especies arbóreas**, se sabe que las especies del género *Quercus* que predominan en las formaciones adehesadas son plantas huésped del patógeno, particularmente la encina (*Quercus ilex*) y el alcornoque (*Quercus suber*), siendo la primera más susceptible a *P. cinnamomi* que la segunda. Sobre el quejigo (*Quercus faginea*) la información disponible actualmente no resulta concluyente, pero por el momento se considera un huésped asintomático. Dada la importancia de estas especies en los ecosistemas de dehesa, se está llevando a cabo una búsqueda de individuos resistentes a la enfermedad que por el momento no ha tenido éxito. No obstante, algunos estudios apuntan a que los híbridos naturales de encina y quejigo (también conocidos como mestos) son más tolerantes a la enfermedad.

Algunos trabajos científicos sugieren que **especies de matorral** mediterráneo como la jara pringosa (*Cistus ladanifer*), jara cervuna (*Cistus populifolius*), jaguarzo morisco (*Cistus salviifolius*), la aulaga morisca (*Genista triacanthos*) y el madroño (*Arbutus unedo*), son susceptibles al patógeno, aunque los resultados no llegan a ser concluyentes.

En el caso de las **plantas herbáceas**, la elevada diversidad de especies que albergan los pastos de la dehesa complica la tarea de estudiar la susceptibilidad al patógeno. Sin embargo, sí existen resultados concluyentes sobre el carácter hospedador de determinados cultivos que son habituales en la dehesa para la alimentación del ganado y el control de la invasión de los matorrales. Así, se sabe que el altramuz (*Lupinus albus*) y el altramuz amarillo (*Lupinus luteus*) son plantas huésped de *P. cinnamomi*, habiéndose observado en campo mortalidad y síntomas de la enfermedad (Foto 6). Por tanto, el cultivo de estas especies contribuye a la persistencia y extensión de la enfermedad, ya que el patógeno completa su ciclo de vida, favoreciendo la producción de nuevas estructuras infectivas. La veza (*Vicia sativa*) es huésped asintomático, por tanto capaz de ser infectada por el patógeno pero sin mostrar síntomas de la enfermedad. Esta especie no estimula la producción y viabilidad de sus esporas de reproducción, por tanto no contribuye a su proliferación. Finalmente, el trigo (*Triticum aestivum*) y la avena (*Avena sativa*) no son especies huésped del patógeno, sus raíces no son infectadas y por tanto no intervienen en el desarrollo de la enfermedad.



Foto 6. Síntomas de podredumbre radical en plantas de altramuz

2.5. Movimientos de suelo

Las actividades derivadas de los distintos aprovechamientos que tienen lugar en las dehesas pueden contribuir a una distribución rápida y generalizada de la podredumbre radical.

Actividades como la construcción de caminos, el laboreo del suelo para el cultivo, los trabajos de desbroces o la apertura de cortafuegos, implican movimiento de suelo dentro de la explotación que puede dar lugar a un aumento de la velocidad de avance de la enfermedad y a cambios sobre los patrones naturales de dispersión (Foto 7). Además, si la maquinaria es usada por varios propietarios o pertenece a empresas que realizan dichos servicios, aumenta el riesgo de dispersión ya que el suelo adherido a aperos, ruedas y herramientas puede ser fuente de enfermedad si contiene esporas del patógeno. Del mismo modo, los vehículos, personas y animales, tanto ganado doméstico como fauna silvestre, que transitan por la explotación actúan como vectores de dispersión del patógeno a través del suelo adherido en ruedas, calzado o pezuñas, particularmente cuando el suelo está húmedo o encharcado.

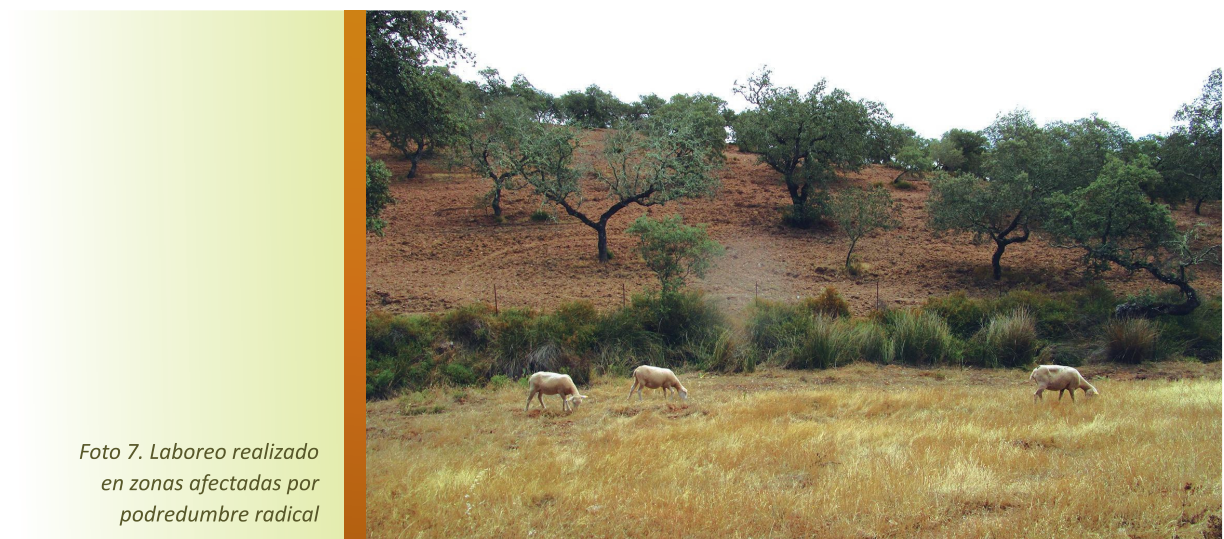


Foto 7. Laboreo realizado en zonas afectadas por podredumbre radical

3. Resumen

Los sistemas adhesionados son propicios para el desarrollo de la podredumbre radical. A las características ambientales propias de este ecosistema se le suman factores derivados de las actividades productivas que se llevan a cabo en las explotaciones, lo que facilita de forma importante la proliferación y dispersión del patógeno causante de la enfermedad.

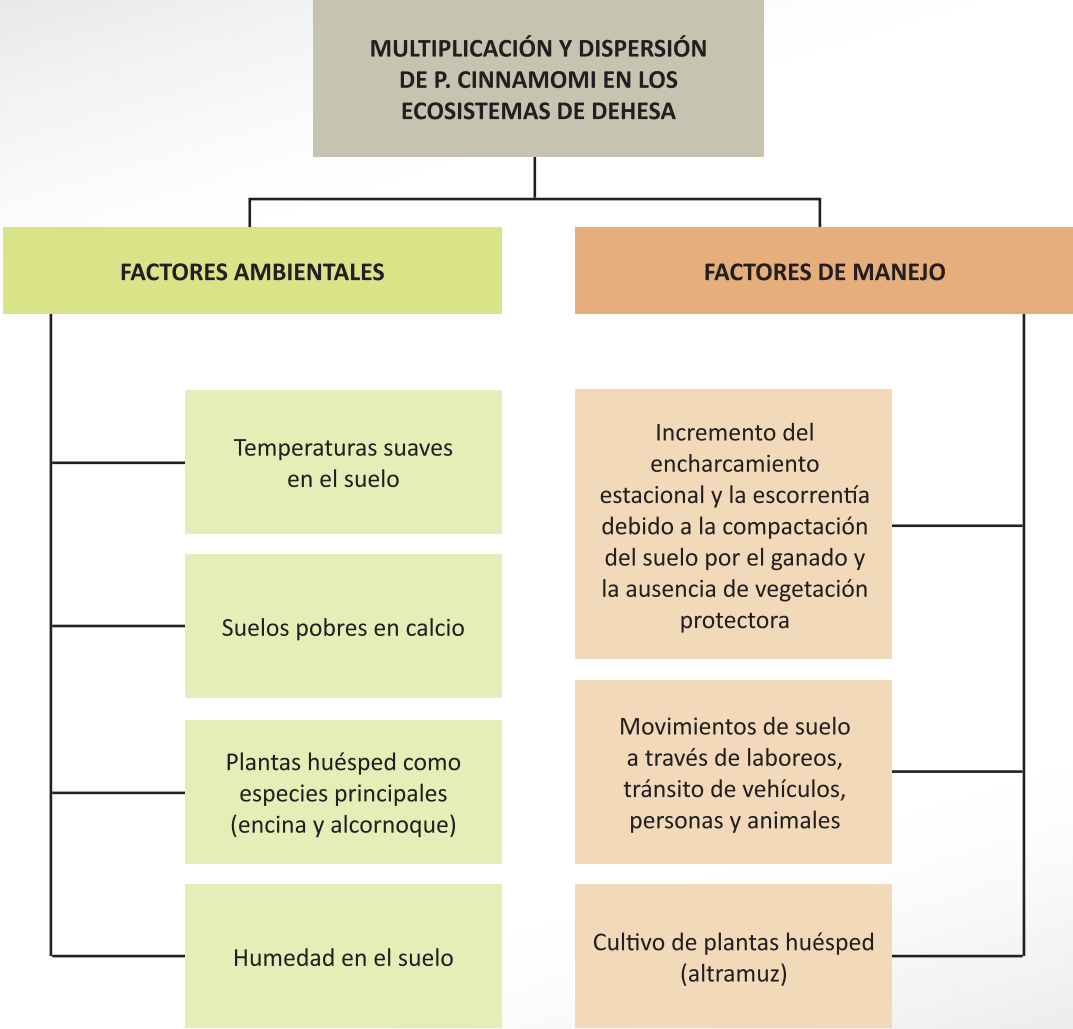


Figura 8. Factores de multiplicación y dispersión de *P. cinnamomi* en los ecosistemas de dehesa.

AUTOEVALUACIÓN UNIDAD 2

1. Señala aquellos factores que favorezcan la reproducción de *P. cinnamomi*:

<input type="checkbox"/>	a) la presencia de insectos barrenadores
<input type="checkbox"/>	b) presencia de humedad en el suelo y temperaturas suaves
<input type="checkbox"/>	c) los suelos con abundancia de calcio
<input type="checkbox"/>	d) las dos anteriores son correctas

2. La formación de zonas encharcadizas que facilitan la multiplicación de *P. cinnamomi* es favorecida por factores como:

<input type="checkbox"/>	a) el relieve del terreno y la textura del suelo
<input type="checkbox"/>	b) únicamente el relieve del terreno
<input type="checkbox"/>	c) la presencia de plantas huésped sintomáticas
<input type="checkbox"/>	d) la presencia de plantas huésped asintomáticas

3. El rango de temperaturas entre las que la reproducción de *P. cinnamomi* puede tener lugar son muy habituales en las formaciones adehesadas de Andalucía durante gran parte del año

<input type="checkbox"/>	Verdadero
<input type="checkbox"/>	Falso

4. Se desaconseja cultivar altramuz amarillo:

<input type="checkbox"/>	a) en todas las explotaciones de dehesa como medida preventiva
<input type="checkbox"/>	b) cuando existe algún foco de podredumbre radical en la explotación de dehesa
<input type="checkbox"/>	c) en todas las explotaciones de dehesa sobre todo con el suelo húmedo
<input type="checkbox"/>	d) el cultivo del altramuz amarillo no está desaconsejado en ningún caso

5. La red de drenaje facilita la dispersión de *P. cinnamomi* porque es donde confluye el agua de distintas zonas de la explotación y donde la humedad permanece durante más tiempo.

<input type="checkbox"/>	Verdadero
<input type="checkbox"/>	Falso

6. Los trabajos de repoblación del arbolado en zonas afectadas por podredumbre radical:

<input type="checkbox"/>	a) es aconsejable llevarlos a cabo con especies diferentes a la encina y el alcornoque
<input type="checkbox"/>	b) es aconsejable llevarlos a cabo con plantas de encina y alcornoque jóvenes
<input type="checkbox"/>	c) es aconsejable llevarlos a cabo con plantas de encina y alcornoque adultas
<input type="checkbox"/>	d) es aconsejable no llevarlos a cabo con ninguna especie

7. Señala la actividad que no interviene en la dispersión de la podredumbre radical:

<input type="checkbox"/>	a) poda del arbolado
<input type="checkbox"/>	b) laboreo del suelo para apertura de cortafuegos
<input type="checkbox"/>	c) tránsito de vehículos y personas
<input type="checkbox"/>	d) realizar cualquier tipo del cultivo

8. La fauna silvestre y el ganado en pastoreo pueden ayudar a dispersar las esporas de reproducción de *P. cinnamomi*

<input type="checkbox"/>	Verdadero
<input type="checkbox"/>	Falso

UNIDAD 3

CONTROL DE LA PODREDUMBRE RADICAL

1.

Introducción

Se entiende por control de una enfermedad todas aquellas medidas destinadas tanto a frenar su avance, limitando su dispersión y contagio, como a disminuir los daños que se producen en la planta afectada. El control de la podredumbre radical producida por *P. cinnamomi* resulta complejo. Son varios los factores implicados, algunos de ellos relacionados con la propia naturaleza del patógeno (longevidad de las estructuras de resistencia en el suelo, gran número de especies huésped,...) y otros relacionados con el desarrollo de la enfermedad (periodo a veces largo entre la infección y visibilidad de los síntomas, síntomas inespecíficos,...).

Por ello, resultan necesarios un adecuado diagnóstico de la enfermedad y un control integrado de la misma, donde se contemplen medidas de tipo cultural (fertilización, prácticas agrícolas adecuadas, aplicación de enmiendas orgánicas) y biológico, necesariamente adaptadas a cada una de las situaciones que puedan ser encontradas en las dehesas, ya que no en todas ellas el problema podrá ser abordado de la misma forma.

2.

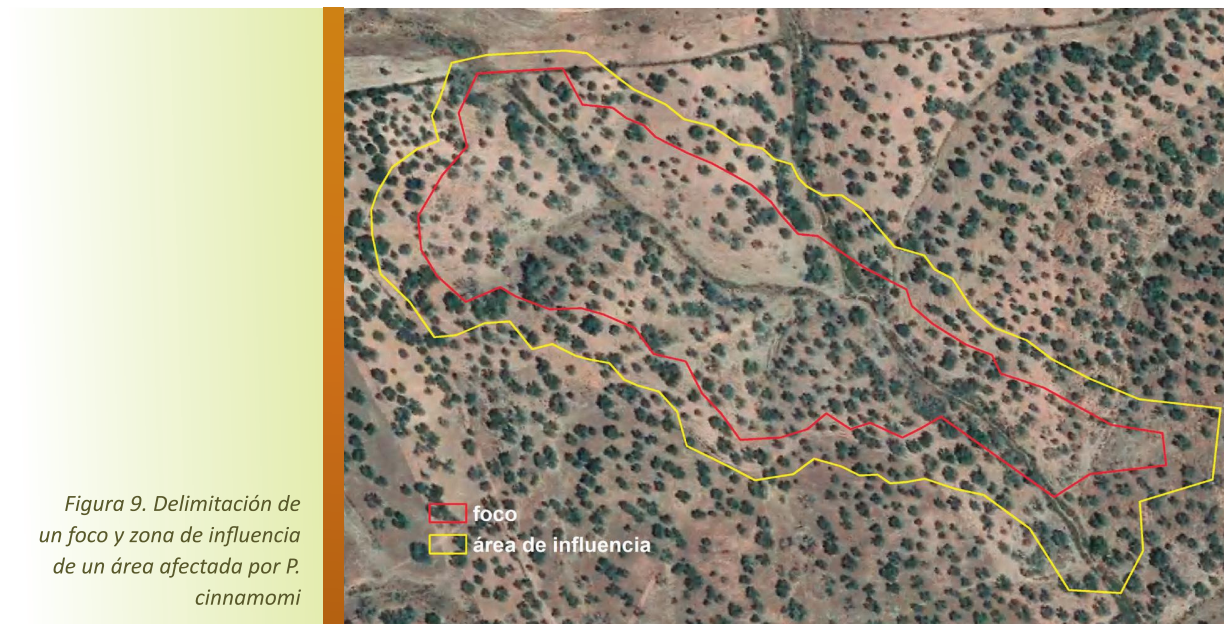
Diagnóstico de la podredumbre radical

El éxito en el control de cualquier enfermedad comienza por un buen diagnóstico. En el caso de la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* tiene, si cabe, mayor importancia, puesto que como se ha visto anteriormente, tiene unos síntomas poco específicos y podría ser confundida con otras causas.

Un **primer paso** debe ser **localizar y delimitar la zona afectada por la enfermedad**, aquella en la que el arbolado presenta los síntomas propios de la podredumbre radical. Habitualmente cuando se quiere determinar qué superficie de una explotación está afectada se utiliza el concepto de foco. Se denomina **foco** al conjunto de árboles que muestran síntomas de la enfermedad, pudiendo ser variable la afectación de los diferentes individuos dentro del grupo. Mediante la observación de los síntomas en el campo y con la ayuda de un mapa o una fotografía aérea reciente de la explotación, se pueden ir delimitando las zonas afectadas. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que se estará limitando la extensión del foco

a aquellos árboles en los que observamos síntomas de la enfermedad y que con toda probabilidad la extensión de *P. cinnamomi* sea algo superior. Esto es debido a que, como se ha citado anteriormente, desde que se produce la primera infección de las raíces hasta la aparición de los primeros síntomas en los árboles pueden pasar periodos de tiempo largos. Por ello, es preciso incluir en el foco una zona de influencia en la que, si bien no se observan síntomas en el arbolado, es probable que las esporas del patógeno estén presentes en el suelo. Como medida cautelar se puede considerar como zona de influencia una faja en torno al foco que incluya dos líneas de árboles que no presenten síntomas de la enfermedad (Figura 9). Sin embargo, la forma de la zona de influencia puede ser variable a lo largo del perímetro del foco debido a distintos factores.

- La pendiente del terreno, ya que la enfermedad avanza más rápidamente a favor de ésta. De esta manera, si por ejemplo, el foco se encuentra en una ladera, la extensión de la enfermedad hacia las zonas más bajas será más rápida debido al arrastre de suelo y agua, por tanto la zona de influencia se considera más amplia, extendiéndose hasta llegar a la vaguada.
- La red de drenaje. La presencia constante de agua y su movimiento por la red de drenaje permiten la proliferación y transporte del patógeno de forma más rápida, por tanto la zona de influencia será más extensa en las proximidades de los cauces.
- La presencia de elementos lineales o discretos del paisaje como caminos, pistas, rocas, cercas o muros que ejercen de vías o barreras, facilitando en unos casos y dificultando en otros la dispersión del patógeno, y que, según el caso hacen que la zona de influencia sea menor o mayor.
- La espesura del arbolado, ya que de ello depende que pueda existir mayor o menor contacto entre las raíces que permitan la transmisión de la enfermedad.



En ocasiones, se observan árboles aislados con síntomas en los que se obtiene un diagnóstico positivo de la enfermedad, en ese caso el foco lo constituirían este árbol y los de su entorno. En otros casos, la enfermedad está tan extendida y son tantos los árboles muertos o afectados que no es posible distinguir focos o éstos se solapan (Figura 10 y Foto 8).



Figura 10. Evolución de la pérdida de arbolado en una zona de dehesa en el Ándevalo (Huelva) donde ya no es posible distinguir focos de podredumbre radical. Ortofotografías correspondientes a los años 1956 (imagen izquierda), 1989 (imagen central) y 2011 (imagen derecha). Fuente: Junta de Andalucía.

El **siguiente paso**, una vez delimitados los focos, es **corroborar la presencia de *P. cinnamomi* en ellos**. Para obtener un diagnóstico fiable es necesario **recoger muestras** de suelo y raicillas de los árboles con síntomas de la enfermedad **y analizarlas en un laboratorio de Sanidad Vegetal**. La recogida de muestras es una labor muy importante, ya que hacerlo de forma correcta minimiza la posibilidad de obtener diagnósticos erróneos. Por tanto, debe realizarla **un técnico especializado siguiendo los procedimientos establecidos para ello**. A grandes rasgos, y no siendo objeto de este manual detallar dichos procedimientos, las muestras deben ser recogidas de árboles con síntomas, evitando los que están muy afectados o muertos. Otoño y primavera, especialmente esta última época, son las más favorables para obtener las muestras, ya que generalmente las temperaturas son suaves y el suelo está húmedo, estando el patógeno en plena actividad.

No obstante, encontrar y aislar el patógeno en las muestras de suelo y raíz no es fácil, por lo que si el diagnóstico es negativo y se tienen sospechas fundadas de la presencia de la enfermedad, es recomendable repetir los análisis.

Foto 8. Ladera con un foco de árboles afectados por *P. cinnamomi*



3.

Métodos de control

El control de la podredumbre radical es complejo. A lo largo de las Unidades 1 y 2 se han citado los motivos que hacen difícil su manejo pudiendo ser resumidos en:

- amplia gama de especies huéspedes
- desfase entre la infección y manifestación de síntomas en el árbol
- longevidad de las estructuras de resistencia en el suelo
- fácil dispersión a través del flujo de agua y movimiento de suelo (barro adherido a los aperos, labores, etc.).

En otros países como Australia y Estados Unidos, en áreas naturales afectadas por la enfermedad se han establecido zonas de exclusión en las que no se permite el acceso de personas y maquinaria a su interior, puesto que es la mejor medida para disminuir su avance y evitar o reducir la dispersión hacia otras zonas. Es evidente que en el caso de la dehesa esto no puede ser llevado a la práctica, por tanto, resulta necesario contemplar otras opciones que, siendo compatibles con los usos y aprovechamientos que se realizan en este sistema de explotación, traten de reducir la presencia del patógeno y frenar su avance.

En este sentido, el control de la podredumbre radical en las dehesas debe entenderse como un conjunto de actuaciones orientadas a, por un lado, disminuir la cantidad de esporas del patógeno en el suelo así como evitar su dispersión, y por otro, remitir o limitar la severidad de la enfermedad en los árboles infec-

tados. Además, es importante que el control de la enfermedad sea previamente planificado y se adapte a cada situación, ya que la realización de forma aislada o puntual de las medidas que se sugieren a continuación pueden suponer una inversión de tiempo y recursos que no dé lugar a los resultados esperados.

3.1. Evitar la compactación del suelo

La compactación dificulta la infiltración del agua en el suelo. El agua que no se infiltra es arrastrada por la superficie del suelo, fenómeno conocido como escorrentía. El flujo del agua puede erosionar el suelo, arrancando, transportando y depositando partículas en otras zonas. Acompañando a las partículas de suelo pueden transportarse esporas de *P. cinnamomi*. Además, en las zonas bajas del relieve donde suele acumularse el agua de escorrentía y depositarse los sedimentos la multiplicación de *P. cinnamomi* se ve favorecida, gracias al mantenimiento de la humedad en el suelo durante periodos más largos.

En las dehesas la compactación del suelo puede producirse por una presión excesiva de pastoreo, tanto de animales domésticos como silvestres y por el paso recurrente de vehículos y maquinaria. Además, la compactación es de mayor magnitud y permanencia cuando la presión se ejerce sobre un suelo en condiciones de humedad (Foto 9).



Foto 9. Suelo compactado y zonas encharcadas debido al exceso de carga ganadera.

Disminuir la compactación del suelo debida al pastoreo y a la vez mejorar la infiltración del agua puede lograrse:

- evitando el pastoreo con altas cargas ganaderas, especialmente en condiciones de encharcamiento del suelo, ajustando el número de animales a la capacidad de la explotación,
- evitando el pastoreo continuo, en el que el ganado permanece durante largos periodos de tiempo en una misma parcela, y fomentando el pastoreo rotacional, que permite el descanso secuencial de todas las parcelas,

- realizando un pastoreo de corta duración a final de verano, antes de las primeras lluvias de otoño, de forma que las pezuñas de los animales rompan la costra superficial del suelo que haya podido formarse y mejore la infiltración del agua,
- promoviendo una cobertura abundante de vegetación, tanto herbácea como arbustiva, en la explotación. Una densa y continua red de raíces descompacta el suelo mejorando la porosidad, lo que repercute en una mayor infiltración del agua. Un descanso del pastoreo a finales del invierno o principios de la primavera puede reducir la compactación, ya que las plantas herbáceas al no ser defoliadas por los animales pueden destinar más recursos al desarrollo de las raíces.

En el caso de la compactación de suelo que produce el paso de maquinaria y vehículos, lo aconsejable es utilizar los caminos que ya están habilitados en la explotación y evitar la circulación por el interior de las parcelas para no crear nuevas sendas y rodadas. Este aspecto resulta especialmente relevante cuando el suelo está húmedo.

3.2. Limitar los movimientos de suelo

Constituye una medida indispensable para prevenir el contagio de la podredumbre radical desde zonas en las que *P. cinnamomi* está presente a otras zonas que están libres del patógeno. Cualquier movimiento o transporte de suelo infectado, tanto dentro de la propia explotación como fuera de la misma, debe ser evitado, fundamentalmente en condiciones de humedad en el suelo.

En el ámbito de la dehesa los movimientos de suelo suelen estar originados por distintos procesos naturales como la erosión del suelo provocada por el agua de escorrentía, o por las actividades desarrolladas dentro de la explotación que impliquen movimiento de vehículos, maquinaria, personas y animales.

Como se señaló anteriormente, una buena manera de atenuar los arrastres producidos por el agua de escorrentía es reduciendo la compactación de suelo, pero también puede lograrse realizando acciones sencillas que aumenten la rugosidad del terreno y ralenticen la velocidad del agua, como pueden ser:

- no apurar en exceso el pasto a finales de verano (Foto 10). La presencia de una cantidad adecuada de residuo herbáceo cuando se producen las primeras lluvias del otoño protege el suelo y dificulta su transporte y el de las esporas del patógeno.
- fomentar las discontinuidades en el terreno para obstaculizar los arrastres de suelo. Puede llevarse a cabo promoviendo que existan distintas estructuras de vegetación, como rodales o fajas de matorral alternando con zonas de pastizal. El mismo efecto puede lograrse con la presencia de piedras, rocas o incluso la acumulación de restos vegetales, como pueden ser pastos herbáceos secos o restos de podas y desbroces.



Foto 10. Residuo herbáceo tras el verano abundante (izquierda) y escaso (derecha).

En cuanto a los movimientos de suelo debidos a las labores realizadas en la explotación, se debe ser especialmente cuidadoso en:

- evitar el tránsito de vehículos, maquinaria y personas por las zonas afectadas por la enfermedad
- evitar movimientos de tierra tales como: laboreos, gradeos, apertura de cortafuegos o nuevos caminos
- realizar los desbroces con aperos que no alteren el suelo, evitando los gradeos para esta labor
- evitar el acopio de suelo o tierra procedente de zonas infectadas o sospechosas de padecer la enfermedad

En caso de que la realización de labores sea necesaria, se debe proceder a la limpieza y desinfección de herramientas, aperos, ruedas de vehículos y calzado después de su uso y antes de salir del foco o parcela afectada. El procedimiento adecuado para ello consta de dos pasos:

- 1º) Eliminar en la medida de lo posible los restos de tierra o barro adherido. Esta labor puede realizarse mediante la utilización de cepillos o herramientas que permitan despegar las partículas de suelo con facilidad.
- 2º) Desinfección. Puede realizarse mediante la pulverización de una disolución de lejía en agua al 10%. En el caso de las herramientas y el calzado, en los que la lejía puede resultar corrosiva, se puede usar una disolución de etanol al 70%. En el caso de las ruedas de los vehículos y la maquinaria, éstas pueden desinfectarse pasando por vados sanitarios o pediluvios colocados a la entrada/salida de las zonas infectadas.



Figura 11. Desinfestación de aperos mediante pulverización.



Figura 12. Limpieza y desinfestación de calzado

Además, es recomendable limitar el acceso de animales a las zonas afectadas en la medida de lo posible. Si bien es cierto que en el caso de la fauna silvestre esta medida resulta de difícil aplicación, sí puede ser tomada en cuenta en el caso de la ganadería doméstica. En este sentido, el pastoreo debe planificarse de manera que el ganado acceda a las zonas afectadas a finales de primavera o durante el verano, épocas en las que el suelo está más seco y se adhiere en menor medida a las pezuñas de los animales. Asimismo, es recomendable colocar vados sanitarios o pediluvios para la desinfestación de dichas pezuñas a la salida de aquellas parcelas en las que existan focos de la enfermedad.

Por último, es necesario ser especialmente cuidadoso con el traslado de suelo entre distintas explotaciones ya podría suponer el inicio de esta enfermedad de difícil control en zonas libres del patógeno. Es por ello que resulta útil y conveniente la colocación de vados sanitarios o pediluvios a la entrada/salida de las explotaciones.

3.3. Precaución al introducir material vegetal en la explotación

En ocasiones, los trabajos de repoblación, densificación o restauración de la vegetación en la dehesa se realizan con planta de vivero. En ese caso, se debe vigilar que las plantas estén libres de enfermedades y que el sustrato no albergue propágulos tanto de *P. cinnamomi* como de otros patógenos. Por ello, es recomendable adquirir la planta en viveros conocidos y fiables en los que tengamos más seguridad de que el material vegetal está libre de enfermedades. En caso contrario, se pueden abordar estos trabajos con plantas de producción propia o mediante la siembra directa con semillas, en cuyo caso, es recomendable desinfectarlas previamente. Para ello basta sumergir las semillas durante varios minutos en una disolución de agua con lejía al 10%.

3.4. Evitar la presencia de especies huésped del patógeno

La presencia de especies huésped en zonas afectadas por la enfermedad permite la supervivencia del patógeno y multiplica la cantidad de esporas en el suelo, y por tanto su capacidad para infectar. En las parcelas donde se hayan localizado focos de la enfermedad:

- se desaconseja cultivar altramuces (*Lupinus albus*) y altramuces amarillo (*Lupinus luteus*)
- se desaconseja la plantación/siembra de encina y alcornoque, ya que dan continuidad a la enfermedad. En su lugar pueden establecerse otras especies. En el caso de querer mantener una estructura de formación adehesada pueden introducirse especies como el pino piñonero (*Pinus pinea*), en zonas donde no se produzcan heladas con asiduidad el acebuche (*Olea europea var. sylvestris*) o el algarrobo (*Ceratonia siliqua*) y en zonas con buenas condiciones de humedad en el suelo el fresno (*Fraxinus angustifolia*). En algunos enclaves determinados pueden ser interesantes el almez (*Celtis australis*), el piruétano (*Pyrus bourgaeana*), el majuelo (*Crataegus monogyna*) o la morera (*Morus alba*). Si se desea profundizar en este tema se recomienda consultar el manual “La regeneración del arbolado en la dehesa” incluido en esta misma colección.

3.5. Biofumigación

La biofumigación es una técnica que consiste en la utilización de materia orgánica junto con la aportación de agua para producir un efecto desinfectante en el suelo. Esta estrategia de control frente a *P. cinnamomi* en la dehesa está actualmente en estudio. Así por ejemplo, se está evaluando el potencial de distintas especies de brásicas (género al que pertenecen las coles, las mostazas, la colza, etc) para reducir la infectividad del patógeno una vez incorporadas al suelo. Los resultados obtenidos hasta el momento indican que algunas variedades de mostaza etíope (*Brassica carinata*) y mostaza india (*Brassica juncea*) muestran efectividad en el control de la enfermedad.

Esta línea de lucha contra la enfermedad está aún en estudio, pero resulta prometedora por lo que es recomendable seguir de cerca los nuevos avances.

3.6. Fertilizaciones cálcicas

La fertilización cálcica o enmiendas calizas reducen la capacidad infectiva de *P. cinnamomi*, aunque no consigue su erradicación en la dehesa. La presencia de calcio en el suelo dificulta la germinación de los esporangios y la formación de zoosporas, por lo que el potencial de infección de patógeno se ve reducido. Sin embargo, no tiene efecto sobre las clamidosporas, las cuales permanecen en el suelo en estado latente durante largos periodos a la espera de condiciones más favorables, por lo que la enfermedad sigue estando presente en la zona.

El calcio mejora la tolerancia de la encina a la enfermedad, aunque no evita que llegue a infectarse. Además, la enmienda caliza en los suelos ácidos de las dehesas produce un ligero aumento del pH que mejora la absorción de algunos elementos, como por ejemplo el fósforo, y promueve un mayor desarrollo de las raíces de las plantas.

Aplicación y dosis:

- En zonas con arbolado: aplicación de carbonato o sulfato cálcico (yeso agrícola) en otoño en dosis que pueden fluctuar entre 1.500-3.500 kg/ha para el carbonato y algo menores para el sulfato cálcico. La aplicación puede hacerse en cobertera, ya que penetrará en el suelo con el agua de lluvia (Foto 11). El sulfato cálcico puede acidificar el suelo y su uso se recomienda en suelos neutros, aplicándolo solo o mezclado con carbonato cálcico.

- En zonas que han perdido el arbolado: aplicación de cal apagada (hidróxido de calcio), de mayor poder neutralizante, en dosis que oscilan entre 1.000-2.000 kg/ha. La aplicación de la cal puede hacerse en cobertera o incorporándolo al suelo mediante una labor superficial.



Foto 11. Aplicación de carbonato cálcico en cobertera.

3.6. Aplicación de sales del ácido fosforoso

La **aplicación de sales del ácido fosforoso** (H_3PO_3) a los árboles afectados por podredumbre radical estimula los mecanismos de defensa naturales del árbol y, en conjunto con los otros métodos de control aportados en este manual, contribuye a limitar la capacidad de expansión de los focos de la enfermedad. Es importante no confundir estas sales con los fosfatos, los cuales son fertilizantes que derivan del ácido fosfórico (H_3PO_4) y no tiene el mismo efecto.

El tratamiento con sales de ácido fosforoso tiene un carácter fundamentalmente preventivo cuando se aplica a árboles sin síntomas, aparentemente sanos, que crecen en áreas con alto riesgo de infección por *P. cinnamomi*. Cuando se aplica en árboles infectados que muestran síntomas leves de la enfermedad radical tiene actividad curativa. Sin embargo, no resulta eficaz aplicado en árboles que muestran síntomas severos de la enfermedad, ya que estas sustancias no son capaces de restituir las raíces perdidas o seriamente dañadas. De manera práctica, una vez localizado un foco de enfermedad los árboles a tratar serían aquellos sin síntomas o con síntomas leves (proporción de copa amarillenta, marchita o defoliada menor del 25%) situados en el área de influencia alrededor de dicho foco. Adicionalmente podrían ser tratados otros árboles externos al foco con ese mismo grado de sintomatología, dependiendo del grado de protección que se desee proporcionar.

Son posibles distintos métodos de aplicación de estas sustancias, sin embargo algunos resultan más adecuados que otros en el ámbito de la dehesa. En el caso de la aplicación al suelo, la configuración del terreno dificulta que puedan ser incorporadas mediante riego y además no asegura que toda la dosis empleada sea realmente absorbida por la planta. Asimismo, las aplicaciones foliares tampoco resultan eficientes

ya que las hojas de especies mediterráneas como la encina y el alcornoque resultan poco permeables y la cantidad de producto que pueden absorber por este medio es muy baja. Por añadidura, el riesgo de acúmulo del producto en el suelo y/o corrientes de agua a largo plazo refuerza que se desaconseje el uso de ambos métodos.

La forma idónea de aplicación de las sales del ácido fosforoso es mediante inyección al tronco, ya que el producto se incorpora al flujo de savia y es distribuido de forma íntegra por la planta, por tanto el tratamiento no pierde eficacia. Asimismo, permite defender de la enfermedad a árboles concretos evitando así riesgos de dispersión al resto del ecosistema.

Este tipo de tratamientos podrán ser aplicados en la lucha contra la podredumbre radical en encina y alcornoque una vez sean registrados para el objeto, cultivo y medio en el que pretenden usarse.

4.

Resumen

El control de la podredumbre radical en la dehesa es posible y debe abordarse de forma integral y planificada. El primer paso para ello debe ser, mediante observaciones de campo, localizar los árboles con síntomas de la enfermedad y después corroborar la presencia de *P. cinnamomi* mediante análisis de laboratorio. Un conjunto de árboles próximos más o menos sintomáticos en los que se ha comprobado la presencia de la enfermedad constituyen lo que se denomina *foco*.

Atendiendo a la localización y distribución de los focos de podredumbre radical detectados en la explotación, podrán ser planificadas temporal y espacialmente distintas medidas de control que conjuntamente traten de, por un lado, disminuir la cantidad de esporas del patógeno en el suelo así como evitar su dispersión, y por otro, remitir o limitar la severidad de la enfermedad en los árboles infectados. Entre ellas se indican algunas basadas en una adecuada gestión de las actividades que implican modificaciones o movimientos del suelo, otras referidas a la gestión de las plantas presentes y a introducir en la explotación y, finalmente aquellas destinadas al fortalecimiento del arbolado.

AUTOEVALUACIÓN UNIDAD 3

1. Se denomina foco de podredumbre radical al:

	a) conjunto de árboles próximos que muestran síntomas de la enfermedad
	b) conjunto de árboles próximos en el que se incluyen árboles que muestran síntomas de la enfermedad y otros que no
	c) conjunto de árboles próximos en el que se incluyen árboles que muestran síntomas de la enfermedad y otros que no, y además se ha confirmado la presencia de <i>P. cinnamomi</i>
	d) árboles dispersos que muestran síntomas de la enfermedad

2. El área de influencia alrededor de un foco de podredumbre radical:

	a) es la zona que rodea al foco y que se extiende desde el borde del mismo hasta una distancia fija de 25 metros
	b) es la zona que rodea al foco donde se encuentran los árboles muertos
	c) es la zona en el interior del foco donde los árboles están sanos
	d) es la zona que rodea al foco, y que se extiende desde el borde del mismo hasta una distancia variable en función de factores como la topografía, la cercanía a la red de drenaje, la presencia de obstáculos o la densidad de arbolado.

3. En una explotación donde la podredumbre radical no está presente:

	a) no es necesario tomar ninguna precaución contra esta enfermedad
	b) resulta aconsejable aplicar todas las medidas de control que se indican en este manual
	c) resulta aconsejable aplicar aquellas medidas que prevengan la entrada de la enfermedad en la explotación
	d) resulta aconsejable probar una medida de control distinta cada año para observar cual es más efectiva

4. Evitar la compactación del suelo en las fincas de dehesa:

	a) limita los arrastres de suelo y de propágulos de <i>P. cinnamomi</i> hacia otras zonas
	b) disminuye la formación de zonas encharcadizas
	c) mejora la infiltración de agua en el suelo
	d) todas las anteriores son correctas

5. Los movimientos de suelo en fincas afectadas por podredumbre radical están especialmente desaconsejados cuando el suelo se encuentra en condiciones de humedad.

	Verdadero
	Falso

6. Los cultivos herbáceos huéspedes de *P. cinnamomi* y que además contribuyen a la multiplicación de las esporas en el suelo son:

	a) la avena, el trigo y el altramuz amarillo
	b) el altramuz amarillo
	c) la avena y el trigo
	d) el altramuz amarillo, la veza y el trigo

7. Si se aplican fertilizaciones cálcicas en los focos de podredumbre radical se logra la erradicación del patógeno de la finca.

	Verdadero
	Falso

8. Para el control de podredumbre radical en la dehesa se desaconseja la planificación espacial y temporal de las medidas preventivas que se vayan a realizar.

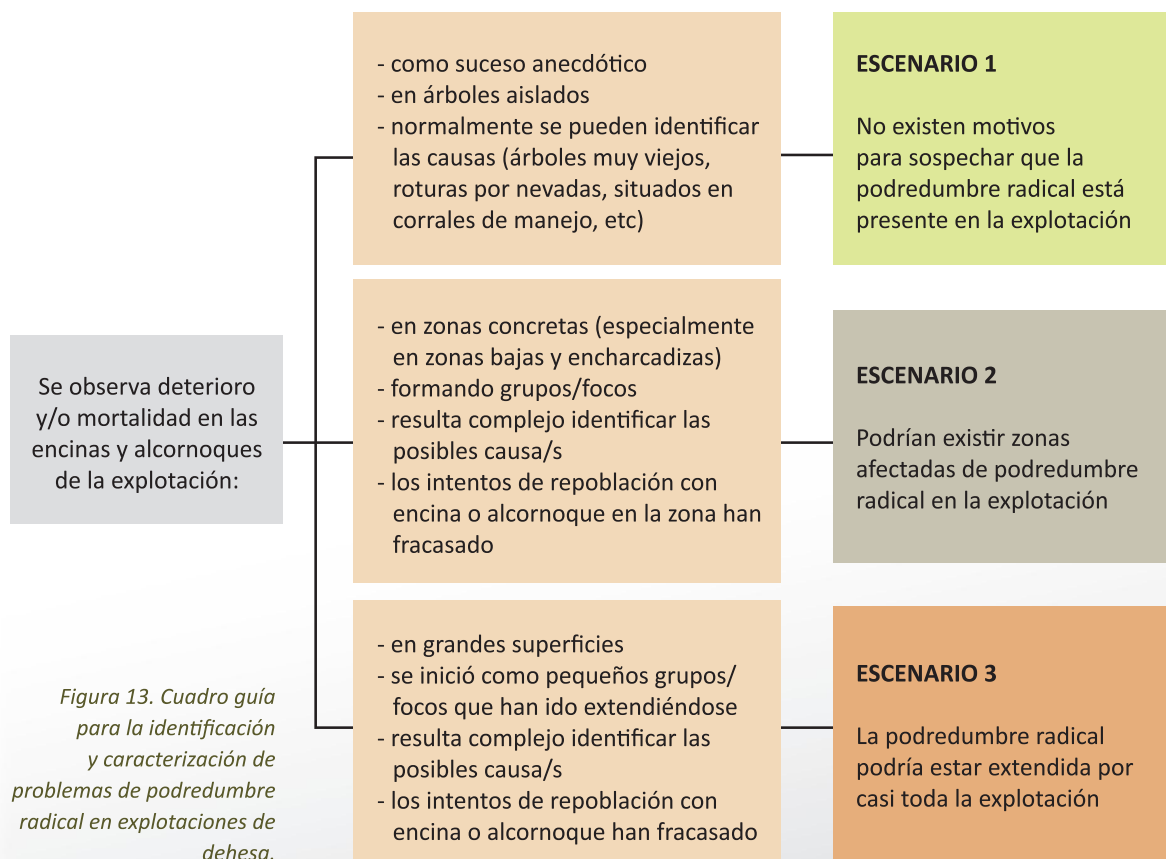
	Verdadero
	Falso

ANEXO

TOMA DE DECISIONES Y CASO PRÁCTICO

La observación frecuente del estado del arbolado a lo largo del tiempo es una herramienta muy útil para localizar precozmente posibles enfermedades y poder atajarlas de forma efectiva. En el caso de la podredumbre radical, es especialmente importante, ya que los métodos de control conocidos más eficaces son los preventivos.

El árbol de decisiones representado en la Figura 13 ofrece apoyo para establecer la **situación de partida** del estado sanitario del arbolado mediante observaciones sencillas en campo. Partiendo de la premisa inicial de que en todas las explotaciones ocurren sucesos de deterioro y mortalidad del arbolado de forma natural, se analizan los síntomas y la distribución de los individuos afectados y así obtener una aproximación a uno de los tres escenarios sugeridos.



Una vez elegido el escenario que más se aproxima a la situación observada en campo, en el caso de los escenarios 2 y 3 será necesario confirmar la presencia de la enfermedad mediante análisis de laboratorio. Sin embargo, mientras se obtienen dichos resultados de manera cautelara pueden ponerse en práctica algunas medidas que eviten y reduzcan la expansión de la enfermedad en la finca.

A continuación se incluyen una serie de tablas en las que de forma concreta para cada uno de los escenarios se citan las recomendaciones y actividades incluidas en la Unidad 3. Resulta aconsejable realizar únicamente las medidas propuestas para cada caso concreto, poniendo especial atención en el Escenario 2, donde conviven zonas afectadas por la enfermedad (las cuales incluyen tanto foco como la zona de influencia del mismo) y zonas no afectadas (áreas libres de enfermedad), evitando así posibles confusiones.

Como ya se ha apuntado en distintas ocasiones a lo largo de este manual es necesario que las medidas destinadas al control de la enfermedad sean planificadas espacial y temporalmente en la explotación para que sean efectivas. En este sentido, resultan especialmente relevantes los distintos servicios e instrumentos que se están desarrollando en el seno de la Ley para la Dehesa y con el apoyo del proyecto Life Biodehesa como son los Planes de Gestión Integral (PGI), el servicio para el diagnóstico de la Seca y el servicio de asesoramiento, los cuales permitirán abordar la gestión de las explotaciones desde el conocimiento y de forma integrada.

“Manual de diagnóstico fitosanitario y buenas prácticas de dehesa y otros montes de *Quercus*”

ESCENARIO 1: No existen motivos para sospechar que la podredumbre radical está presente en la explotación

OBJETIVO

➔ Evitar que la enfermedad llegue y se propague por la explotación

Arbolado	<ul style="list-style-type: none"> - La vigilancia continua del estado sanitario del arbolado permite que en caso de infección podamos actuar con prontitud - Las fertilizaciones cálcicas ayudan al árbol a estar mejor nutrido y poder defenderse mejor de posibles enfermedades - En general se recomienda la realización de podas y descorches de forma correcta, evitando así el debilitamiento del arbolado
Matorral	<ul style="list-style-type: none"> - La presencia de matorral mejora la infiltración de agua en el suelo, evitando encharcamientos
Pasto/Cultivo	<ul style="list-style-type: none"> - La presencia de pastos herbáceos densos y diversos reduce la erosión, mejora la infiltración de agua en el suelo, y puede frenar la entrada de suelo arrastrado desde otras zonas
Trabajos de repoblación	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar planta de vivero que esté libre de la enfermedad - Si no existe suficiente garantía de ello optar por: <ol style="list-style-type: none"> a) favorecer la regeneración natural o b) realizar siembras con bellota recogida en zonas libres de enfermedad o previamente desinfectadas - En caso de ser necesarios riegos en las siembras/plantaciones, vigilar el origen del agua si existen sospechas de zonas cercanas afectadas por la enfermedad
Manejo del ganado	<ul style="list-style-type: none"> - Desinfectar las pezuñas de los animales a la entrada en la explotación si proceden de zonas en las que hay sospechas de presencia de la enfermedad - Prevenir la compactación del suelo y el encharcamiento: <ol style="list-style-type: none"> a) evitando cargas ganaderas altas en condiciones de elevada humedad del suelo b) realizando un descanso corto del pastoreo a finales del otoño principios del invierno c) realizando un pastoreo corto antes de las lluvias de otoño, de forma que las pezuñas de los animales rompan la costra superficial formada durante el verano
Movimiento de suelo y tierra	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar acopio de tierra, arena o suelo para realizar cualquier actividad que provenga de zonas con presencia de la enfermedad
Tránsito de maquinaria, vehículos y personas	<ul style="list-style-type: none"> - Antes de acceder a la explotación es recomendable eliminar el barro adherido y desinfectar los aperos, máquinas, vehículos, calzado, etc. que provengan de zonas en las que hay sospechas de presencia de la enfermedad - Instalar pediluvios en la entrada de la finca y mantenerlos adecuadamente para que sean eficientes en la desinfección de vehículos, maquinaria, calzado y pezuñas

ESCENARIO 2: Existen sospechas o evidencias de zonas afectadas de podredumbre radical en la explotación

OBJETIVOS

- ➔ **Controlar la enfermedad evitando que se extienda a otras partes de la explotación**
- ➔ **Limitar la capacidad de infectar de *P. cinnamomi***

Arbolado	Zona afectada <ul style="list-style-type: none"> - Los árboles muy afectados no pueden ser recuperados - En general se recomienda no contribuir al debilitamiento del arbolado afectado por la enfermedad, evitando la realización de podas de mantenimiento y los descorches - Aplicación de medidas preventivas y de control en árboles con daños incipientes - Fertilizar con carbonato o sulfato cálcico para reducir la infectividad del patógeno en el suelo y limitar las infecciones
	Zona no afectada <ul style="list-style-type: none"> - En zonas próximas a focos de la enfermedad se recomienda no contribuir al debilitamiento del arbolado, evitando la realización de podas de mantenimiento y los descorches - Fertilizar con carbonato o sulfato cálcico para fortalecer el arbolado y limitar las infecciones
Matorral	Zona afectada <ul style="list-style-type: none"> - Evitar la presencia de especies de matorral huésped de la enfermedad
	Zona no afectada <ul style="list-style-type: none"> - Favorecer la presencia de matorral mejora la infiltración de agua en el suelo, evitando encharcamientos
Pasto/Cultivo	Zona afectada <ul style="list-style-type: none"> - Evitar el cultivo de especies huésped de la enfermedad como el altramuz amarillo
	En toda la explotación <ul style="list-style-type: none"> - Favorecer la abundancia de vegetación herbácea ya que mejora la infiltración de agua en el suelo, y puede frenar la entrada de suelo arrastrado desde otras zonas

Trabajos de repoblación	<p>Zona afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evitar la repoblación con especies huésped de la enfermedad como encina y alcornoque. En su lugar pueden establecerse otras especies, que en el caso de querer mantener una estructura de formación adehesada pueden ser el pino piñonero (<i>Pinus pinea</i>), el acebuche (<i>Olea europea var. sylvestris</i>), el algarrobo (<i>Ceratonia siliqua</i>) y el fresno (<i>Fraxinus angustifolia</i>), que pueden ser elegidas en función de las condiciones de clima y suelo del sitio - Posponer en el tiempo los trabajos de repoblación con especies huésped de la enfermedad puede suponer una disminución de la cantidad del patógeno
	<p>Zona no afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar planta de vivero que esté libre de la enfermedad - Si no existe suficiente garantía optaremos por: <ul style="list-style-type: none"> a) favorecer la regeneración natural b) realizar siembras con bellota recogida en zonas libres de enfermedad o previamente desinfectadas - En caso de ser necesarios riegos en las siembras/plantaciones, vigilar el origen del agua si existen sospechas de zonas cercanas afectadas por la enfermedad
Manejo del ganado	<p>Zona afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limitar la presencia de ganado en la medida de lo posible, sobre todo cuando el suelo esté húmedo - Colocar vados sanitarios para desinfectar las pezuñas de los animales a la salida de la finca y de las parcelas donde existan focos de la enfermedad
	<p>Zona no afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prevenir la compactación del suelo y la formación de zonas encharcadizas: <ul style="list-style-type: none"> a) evitando cargas ganaderas altas en condiciones de elevada humedad del suelo b) realizando un descanso corto del pastoreo finales otoño invierno c) realizando un pastoreo corto antes de las lluvias de otoño, de forma que las pezuñas de los animales rompan la costra superficial formada durante el verano
Movimiento de suelo y tierra	<p>Zona afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evitar el laboreo del suelo para el control de matorrales - Evitar realizar cultivos a menos que sean biofumigantes - Realizar los cortafuegos mediante métodos alternativos al laboreo, como siega, desbroces manuales o herbicidas - Evitar la construcción de nuevos caminos - Dejar residuo herbáceo al finalizar el verano
	<p>Zona no afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evitar acopio de tierra, arena o suelo para realizar cualquier actividad que provenga de zonas con presencia de la enfermedad
Tránsito de maquinaria, vehículos y personas	<p>Zona afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evitar el tránsito de vehículos, máquinas y personas en las parcelas donde existan focos de la enfermedad - Organizar actividades que impliquen movimiento de vehículos en los periodos en los que el suelo esté seco
	<p>Zona no afectada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antes de acceder es recomendable eliminar el barro adherido y desinfectar los aperos, máquinas, vehículos, calzado, etc. que provengan de zonas con presencia de la enfermedad
	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar vados sanitarios en la entrada de la finca y de las parcelas donde existan focos de la enfermedad, y mantenerlos adecuadamente para que sean eficientes en la desinfección de vehículos, maquinaria y calzado

ESCENARIO 3: La podredumbre radical está extendida por casi toda la explotación

OBJETIVOS



Evitar que la enfermedad se extienda a otras fincas

Arbolado	<ul style="list-style-type: none"> - Los árboles muy afectados no pueden ser recuperarlos - En general se recomienda no contribuir al debilitamiento del arbolado afectado por la enfermedad, evitando la realización de podas de mantenimiento y los descorches
Matorral	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la presencia de especies de matorral huésped de la enfermedad
Pasto/Cultivo	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar el cultivo de especies huésped de la enfermedad como el altramuza amarillo - Favorecer la abundancia de vegetación herbácea ya que mejora la infiltración de agua en el suelo, y puede frenar el arrastre del suelo hacia otras zonas
Trabajos de repoblación	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la repoblación con especies huésped de la enfermedad como encina y alcornoque. En su lugar pueden establecerse otras especies, que en el caso de querer mantener una estructura de formación adhesionada pueden ser el pino piñonero (<i>Pinus pinea</i>), el acebuche (<i>Olea europea var. sylvestris</i>), el algarrobo (<i>Ceratonia siliqua</i>) y el fresno (<i>Fraxinus angustifolia</i>), que pueden ser elegidas en función de las condiciones de clima y suelo del sitio - Posponer en el tiempo los trabajos de repoblación con especies huésped de la enfermedad puede suponer una disminución de la cantidad del patógeno
Manejo del ganado	<ul style="list-style-type: none"> - Limitar la presencia de ganado en la medida de lo posible, sobre todo cuando el suelo esté húmedo - Colocar vados sanitarios para desinfectar de pezuñas de animales a la salida/entrada de la finca - Prevenir la compactación del suelo y el encharcamiento: <ol style="list-style-type: none"> a) evitando cargas ganaderas altas en condiciones de elevada humedad del suelo b) realizando un descanso corto del pastoreo finales otoño invierno c) realizando un pastoreo corto antes de las lluvias de otoño, de forma que las pezuñas de los animales rompan la costra superficial formada durante el verano
Tránsito de maquinaria, vehículos y personas	<ul style="list-style-type: none"> - Organizar actividades que impliquen movimiento de vehículos en los periodos en los que el suelo esté seco - Es recomendable eliminar el barro adherido y desinfectar los aperos, máquinas, vehículos, calzado, etc. al salir de la explotación - Instalar vados sanitarios en la entrada de la finca y mantenerlos adecuadamente para que sean eficientes en la desinfección de vehículos, maquinaria y calzado

Resolución de un caso práctico

El propietario de una explotación de dehesa de 102 has que se dedica a la cría de ovino y al engorde de cerdo durante la montanera ha localizado algunas zonas de la explotación en las que durante los últimos años viene observando el deterioro de algunos árboles. ¿Qué podría hacer?

Leyenda







-  Casa principal
-  Nave corderos
-  Ríos y arroyos
-  Cercas
-  Caminos
-  Árboles muertos o con síntomas de marchitez



Figura 14. Croquis de la explotación y señalamiento de las observaciones de campo.







Pasos:

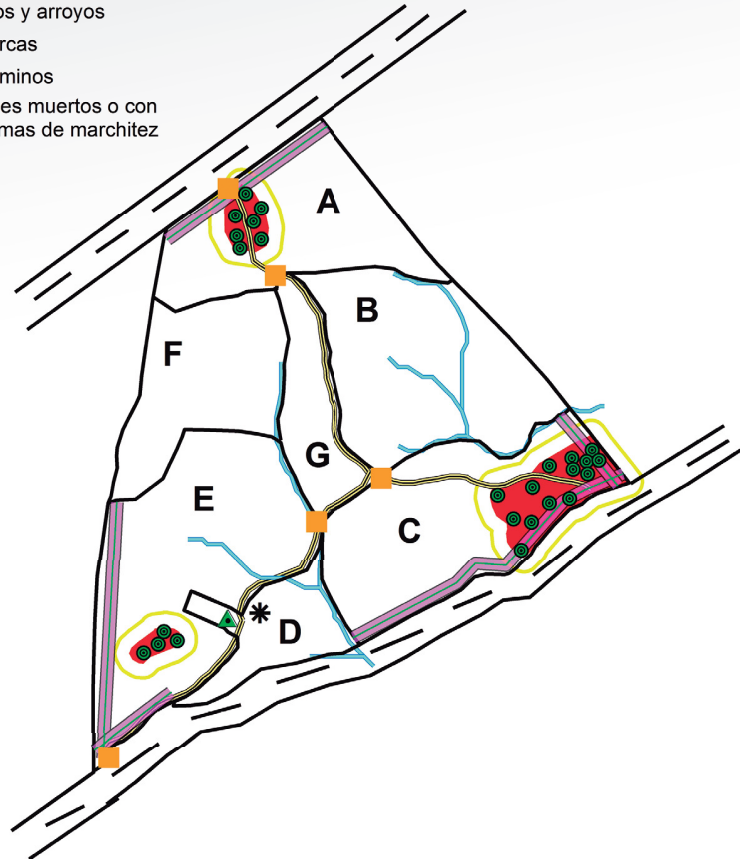
- 1º) Localizar los árboles afectados y muertos con el apoyo de un mapa o fotografía aérea de la explotación y delimitar las áreas afectadas. En esta explotación se han encontrado 3 grupos de árboles deteriorados y/o muertos (cercas A, C y E) y un árbol muerto (cerca D) (Figura 15).
- 2º) Solicitar el apoyo de un técnico especializado en Sanidad Vegetal que le asesore en la comprobación de los síntomas y efectúe la toma de muestras de raíces y suelo para el diagnóstico en laboratorio. Tras la visita, el técnico ha tomado muestras de suelo y raíces en los focos propuestos, salvo en el árbol muerto en la parcela D. Son varias las razones que apoyan esta decisión:
 - el árbol está cercano a la nave de los corderos y situado en una cerca que se usa habitualmente para el manejo del rebaño. Hay evidencias de una grave compactación del suelo y probablemente la abundancia de heces esté produciendo un efecto tóxico en el árbol.
 - para determinar la presencia de *P. cinnamomi* es necesario tomar muestras en árboles vivos, aunque pueden presentar distinto grado de afectación por la enfermedad. En este caso el individuo está muerto y no existen otros cercanos (radio de 30 metros)
- 3º) Los resultados de los análisis de laboratorio determinan la presencia de *P. cinnamomi* en los tres focos observados en campo. La explotación se encontraría en el Caso 2, por lo tanto podría planificar y llevar a cabo las recomendaciones para el control de la podredumbre radical aportadas en este manual para dicho caso.





Para este caso particular se proponen las siguientes medidas (Figura 15):

- fertilizar con carbonato o sulfato cálcico para reducir la infectividad del patógeno en el suelo y limitar las infecciones en los focos y su zona de influencia. Se podría extender al resto de la parcela afectada (A, C y E) para fortalecer el arbolado y limitar las infecciones
- evitar laboreos en las parcelas A, C y E. Para la realización de los cortafuegos en estas parcelas se puede optar por métodos alternativos como siegas o desbroces manuales o por la desinfección de la maquinaria después de la realización de los mismos. Si en la explotación existe la necesidad de establecer cultivos, situarlos en las parcelas no afectadas por la enfermedad y en todo caso evitar el cultivo del altramuz amarillo.
- evitar el tránsito (sobre todo en condiciones de humedad) en aquellos caminos cercanos a focos de la enfermedad (parcelas A y C)
- dejar el pastoreo de las parcelas afectadas para épocas en las que suelo esté seco, principalmente en verano.
- colocar vados sanitarios a la salida y entrada de las parcelas afectadas y de la explotación.
- emprender la revegetación de las zonas afectadas con especies que no sean del género *Quercus*. Por ejemplo, el arroyo afectado por el foco existente entre las parcelas B y C, en las que se pueden plantar fresnos, alisos, álamos y otras plantas de ribera.

Leyenda

-  Casa principal
-  Nave corderos
-  Ríos y arroyos
-  Cercas
-  Caminos
-  Árboles muertos o con síntomas de marchitez

**Actuaciones**

-  Delimitación de focos
-  Establecer área de influencia (2 filas de árboles asintomáticos)
-  Colocación de pediluvios a la salida de las cercas afectadas
-  Desinfectar tras realizar los cortafuegos

Cercas A, C y E No cultivar ni realizar labores de desbroce mecánico

Cercas A y C Limitar el tránsito por los caminos sobre todo en condiciones de humedad

Cercas A, C y E Pastorear con suelo seco

Figura 15. Croquis de la explotación y propuesta de actuaciones para el control de la podredumbre radical.

SOLUCIONES DE AUTOEVALUACIONES

UNIDAD 1. Podredumbre radical producida por <i>Phytophthora cinnamomi</i>	UNIDAD 2. Podredumbre radical en la dehesa
<p>1. c) 2. Falso 3.a) 4.c) 5.b) 6. Verdadero 7.c) 8. Verdadero</p>	<p>1. b) 2. a) 3. Verdadero 4. b) 5. Verdadero 6. a) 7. a) 8. Verdadero</p>
UNIDAD 3. Control de la podredumbre radical	
<p>1. c) 2. d) 3. c) 4. d) 5. Verdadero 6. b) 7. Falso 8. Falso</p>	

GLOSARIO

- **Biodiversidad:** Indicador de la riqueza y variedad de seres vivos, de los ecosistemas donde habitan y de los procesos biológicos que en ellos ocurren.
- ***Biscogniauxia mediterranea*:** Hongo ascomiceto causante del chancro carbonoso en encinas y alcornoques. Este es un patógeno de debilidad que sólo produce enfermedad en árboles muy debilitados.
- ***Botryosphaeria*:** Género de hongos ascomicetos que produce la formación de chancros y muerte regresiva de ramas en especies leñosas y en menor medida en matorrales leñosos. En Andalucía se han detectado tres especies causantes de chancros en *Quercus*: *B. corticola*, *B. dothidea* y *B. iberica*. Únicamente *B. corticola* es un patógeno primario que ataca a árboles sanos, mientras que *B. dothidea* y *B. iberica* son patógenos de debilidad que sólo causan enfermedad en árboles previamente debilitados por otras enfermedades, plagas o factores abióticos adversos.
- **Brote adventicio:** Brote que crece en sitios no habituales, generalmente como consecuencia de heridas o podas.
- **Clamidospora:** Espora asexual de pared celular gruesa muy resistente y longeva que tiene funciones de resistencia.
- **Ciclo de vida:** Fases o etapas del desarrollo de un organismo comprendiendo desde la formación de una espora hasta la reproducción de nuevas esporas del mismo tipo.
- **Decaimiento forestal:** Situación compleja donde el arbolado se encuentra sometido a un número indeterminado de agentes nocivos, actuando de manera más o menos coordinada, y donde tiene una participación decisiva un factor ambiental (temperatura, precipitación, etc.).
- **Defoliación:** Caída prematura de las hojas de las plantas.
- **Ecosistema:** Conjunto de seres vivos y el espacio físico en que se desarrollan
- **Escorrentía:** Lámina de agua que no se ha infiltrado y que circula sobre la superficie del suelo.
- **Espora:** Células reproductoras o germinativas que producen ciertos hongos y oomicetos.
- **Esporangio:** Estructura en forma de saco que en su interior produce zoosporas.
- **Exudado:** Líquido más o menos denso que rezuma de los órganos de las plantas cuando existe una enfermedad o al ser lesionados.
- **Fitopatógeno:** Organismo vivo generalmente microscópico, capaz de causar enfermedad en plantas.
- **Huésped:** Organismo en cuya superficie o interior se nutre y desarrolla otro organismo denominado parásito.
- **Infección:** Establecimiento de una relación nutricional entre un organismo patógeno y una planta hospedante que da lugar al desarrollo de una enfermedad en la planta.
- **Inóculo:** Patógeno o partes de él que en contacto con una planta susceptible es capaz de causar infección.
- **Micelio:** Parte vegetativa (no reproductiva) de los hongos y oomicetos compuesta de filamentos ramificados que puede adoptar formas muy diversas y se adapta al substrato sobre el que vive.
- **Oomiceto:** Organismo filamentosos perteneciente al reino *Stramenopila*, phylum *Oomycota* y clase *Oomycetes*. No son hongos.
- **Patógeno:** Organismo vivo generalmente microscópico, capaz de causar enfermedad a otro ser vivo.
- ***Phytophthora cinnamomi*:** Microorganismo (oomiceto) invasor del suelo. Patógeno de más de 1000 especies vegetales (forestales, frutales, agrícolas, ornamentales, etc.), es el principal agente causal de enfermedades como, por ejemplo, la podredumbre radical de encinas y alcornoques o la tinta del castaño.
- **Propágulo:** Todo o parte de un organismo por medio del cual se puede diseminar y reproducir.
- **Puntisecado:** Muerte regresiva de la guía y de la parte superior de la copa de los árboles.

- **Resistencia:** Habilidad de un organismo hospedante para detener, retardar o prevenir la penetración e infección de un patógeno.
- **Ramas distales:** Se aplica a las ramas más distantes del tronco del árbol.
- **Rizosfera:** Región del suelo inmediatamente circundante a las raíces y que está influenciada por su presencia.
- **Seca:** Deterioro de la masa arbolada que puede desembocar en la muerte de ejemplares sin determinar la causa que lo provoca.
- **Síntoma:** Expresión de una enfermedad. Alteración o cambio de aspecto de los órganos de las plantas afectadas por enfermedades como respuesta a la presencia en las mismas de un organismo patógeno.
- **Susceptibilidad:** Incapacidad de una planta para resistir el efecto de un patógeno.
- **Tolerancia:** Capacidad que tiene una planta para soportar la infección de un parásito sin mostrar síntomas de enfermedad.
- **Zoospora:** Espora de origen asexual móvil, por ser flagelada, producida por algunos oomicetos.

BIBLIOGRAFÍA

- BRASIER, C.M., 1992. Oak tree mortality in Iberia. *Nature*, 360: 539
- BRASIER CM., 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Annals of Forest Science*, 53, 347-35.
- BRASIER CM, ROBREDO F, FERRAZ JFP., 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathology*, 42, 140-145.
- CAETANO, P., ÁVILA, A., SÁNCHEZ, M.E., TRAPERO, A., COELHO, A.C., 2009. *Phytophthora cinnamomi* populations on *Quercus* forests from Spain and Portugal. En: *Phytophthoras in Forests and Natural Ecosystems*. USDA-Forest Service. General Technical Report PSW-GTR-221, pp. 261-269.
- CARRASCO, A., FERNÁNDEZ, A., TRAPERO, A., LÓPEZ, G., SÁNCHEZ, I., RUIZ, J.M., JIMÉNEZ, J.J., DOMÍNGUEZ, L., ROMERO, M.A., CARBONERO, M.D., SÁNCHEZ, M.E., CAETANO, P., GIL, P., FERNÁNDEZ, P., NAVARRO, R.M., SÁNCHEZ, R., RAPOSO, R., RODRÍGUEZ, S., 2009. Procesos de Decaimiento Forestal (La Seca). Situación del conocimiento. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla. 112 pp.
- EPPO/CABI., 2011. Data sheets on Quarantine Pests. *Phytophthora cinnamomi*.
- ERWIN DC, RIBEIRO OK., 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press, St. Paul, MN. 562 pp.
- GALLEGO FJ, PÉREZ DE ALGABA A, FERNÁNDEZ-ESCOBAR R., 1999. Etiology of oak decline in Spain. *European Journal of Forest Pathology*, 29, 17-27.
- GÓMEZ-APARICIO, L., IBÁÑEZ, B., SERRANO, M.S., DE VITA, P., ÁVILA, J.M., PÉREZ-RAMOS, I.M., GARCÍA, L.V., SÁNCHEZ, M.E., MARAÑÓN, T., 2012. Spatial patterns of soil pathogens in declining Mediterranean forests: implications for tree species regeneration. *New Phytologist*, 194, 1014–1024.
- MOREIRA, A.C., MARTINS, J.M.S., 2005. Influence of site factors on the impact of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak stands in Portugal. *Forest Pathology*, 35, 145-162.
- 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.
- RÍOS, P., OBREGÓN, S., DE HARO, A., SÁNCHEZ, M.E., 2014. Screening of potential biofumigant plants against the root pathogen *Phytophthora cinnamomi*. *Actas del 7º Meeting of the Working Group Integrated Protection in oak Forests Conference*. IOBC/WPRS Bulletin, 101, 125-132.
- SÁNCHEZ, M.E., CAETANO, P., FERRAZ, J., TRAPERO, A., 2000. El decaimiento y muerte de encinas en tres dehesas de la provincia de Huelva. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 26, 447-464
- SÁNCHEZ, M.E., CAETANO, P., FERRAZ, J., TRAPERO, A., 2002. *Phytophthora* disease of *Quercus ilex* in south-western Spain. *Forest Pathology*, 32, 5-8.
- 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, 817-108.
- SÁNCHEZ, M.E., CAETANO, P., ROMERO, M.A., NAVARRO, R.M., TRAPERO, A., 2006. *Phytophthora* root rot as the main factor in oak decline in southern Spain. *Progress in research on Phytophthora Diseases of Forest Trees*. Brasier C, Jung T, Oßwald W (Eds). Forest Research, Farnham, UK. pp. 149-154.
- SÁNCHEZ, M.E., FERNÁNDEZ, P., TRAPERO, A., 2010. Podredumbre radical de la encina y el alcornoque. Enfermedades de las plantas causadas por hongos y oomicetos. *Naturaleza y control integrado*. Jiménez Díaz R. y Montesinos Seguí E. (Eds.) Phytoma España-SEF. Valencia. pp. 135-148.

- SERRANO M.S., REBOLLO P.F., SÁNCHEZ M.E., 2011. Susceptibilidad a *Phytophthora cinnamomi* de cultivos herbáceos habituales en dehesas y su influencia en la podredumbre radical de los Quercus. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 37, 251-262
- SERRANO, M.S., DE VITA, P., SÁNCHEZ, M.E., FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., 2011. Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos I: influencia de la nutrición cálcica y potásica en la tolerancia a la infección por *Phytophthora cinnamomi*. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 37, 97-107
- SERRANO, M.S., DE VITA, P., CARBONERO, M.D., FERNÁNDEZ, F., FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., SÁNCHEZ, M.E., 2012. Susceptibility to *Phytophthora cinnamomi* of the commonest morphotypes of Holm oak in southern Spain. Forest Pathology, 42, 345-347.
- SERRANO, M.S., DE VITA, P., FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., SÁNCHEZ, M.E., 2011. Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos III: efecto de la aplicación al suelo de fertilizantes cálcicos y potásicos. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 37, 119-127
- SERRANO M.S., LEAL, R., DE VITA, FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., SÁNCHEZ, M.E., 2014. Control of *Phytophthora cinnamomi* by soil application of calcium fertilizers under field conditions. Actas del 7º Meeting of the Working Group Integrated Protection in oak Forests Conference. IOBC/WPRS Bulletin, 101, 139-143.

Life Bioehesa

Más información:
www.biodehesa.es
info.lifebiodehesa@biodehesa.es



Beneficiarios asociados

JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA
Y DESARROLLO RURAL
Agencia de Gestión Agraria y Pesca
Instituto de Investigación y Formación
Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA
Y DESARROLLO RURAL
Agencia de Medio Ambiente y Agua
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



LIFE 11 BIO/ES/000726