

Phytophthora cinnamomi y el decaimiento de encinas y alcornoques

Raúl Tapias Martín

Dr. Ingeniero de Montes

Universidad de Huelva

Departamento de Ciencias Agroforestales

rtapias@uhu.es



**Cofinanciado por
la Unión Europea**



**GOBIERNO
DE ESPAÑA**

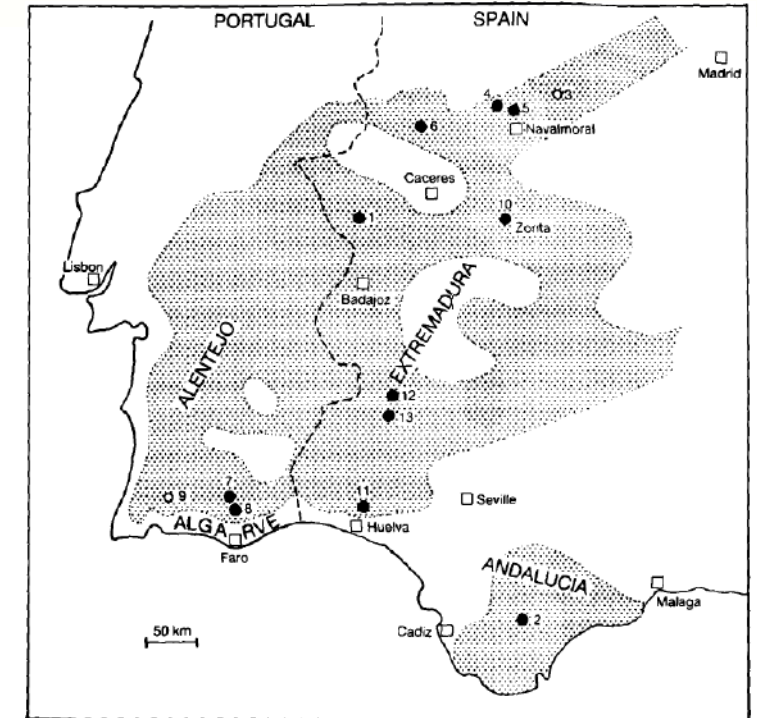


**Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural**



- 1. Introducción**
- 2. Taxonomía y biología**
- 3. Epidemiología**
- 4. Síntomas y signos**
- 5. Diagnóstico**
- 6. Distribución de la enfermedad**
- 7. Impacto ecológico y económico**

1. Introducción



Primera interpretación: Seca o Decaimiento de encinas y alcornoques: enfermedad de etiología compleja resultado de la acción de múltiples factores bióticos y abióticos, inespecíficos e intercambiables, que causa un progresivo deterioro y muerte del arbolado (Manion y Lachance, 1992).

Actualmente se considera una enfermedad causada por el agente fitopatógeno responsable de la podredumbre radical: el *Phytophthora cinnamomi* Rands. (Brasier y col., 1993, Sánchez y col., 2002, Romero y col., 2007, Carrasco y col., 2009, Serrano y col., 2012a; Caetano y col., 2009; Corcobado y col., 2014)



◆ Pteridófitas y plantas primitivas

- Licopodios (club mosses)
- Helechos (ferns)
- Cícadas (cycads)

◆ Gimnospermas

- Coníferas (pinos, abetos, cedros, etc.)

◆ Monocotiledóneas

- Juncos y cárices (cord rushes)
- Gramíneas (grasses)
- Liliáceas y afines (lilies)

◆ Dicotiledóneas

Afecta a **numerosas familias**, incluyendo:

- Ericaceae (azaleas, brezos)
- Lauraceae (aguacate, laurel)
- Buxaceae (boj)
- Theaceae (camelia)
- Proteaceae (muy afectadas en Australia)
- Fagaceae (encinas, robles, castaños)
- Myrtaceae (eucaliptos)
- Rosaceae (algunos frutales)
- Rutaceae (cítricos, en menor medida)

P. cinnamomi está incluido en el catálogo IUCN/SSC de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe y col., 2000) y puede infectar a más de 5.000 especies vegetales (Grünwald y col., 2011; Jung y col., 2013).

2. Taxonomía y biología

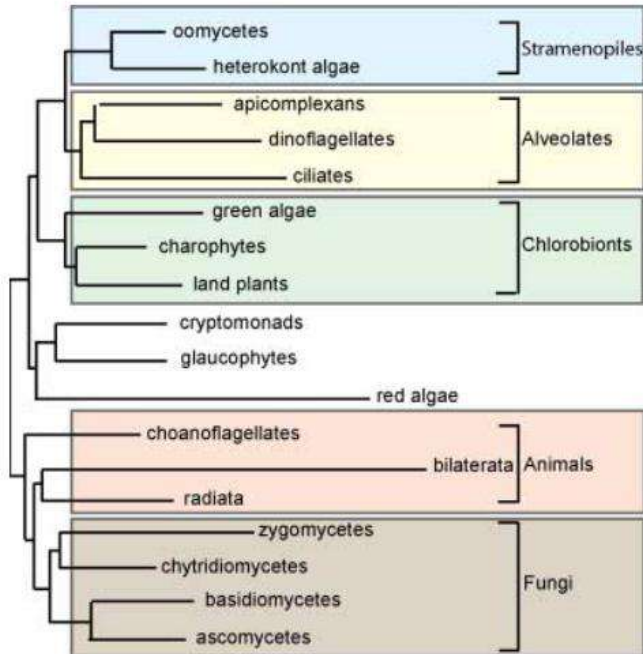


Fig. 3 Phylogenetic tree showing evolutionary relationships between the major groups of eukaryotes. There is a close evolutionary relationship between the Stramenopiles (including the Oomycetes) and the Alveolates (including the Apicomplexans). Diagram adapted from Van de Peer and de Wachter (1997).

Domain: [Eukaryota](#)

Clade: [Sar](#)

Clade: [Stramenopiles](#)

Clade: [Pseudofungi](#)

Phylum: [Oomycota](#)

Class: [Oomycetes](#)

Order: [Peronosporales](#)

Family: [Peronosporaceae](#)

Genus: [Phytophthora](#)

Species: *P. cinnamomi*

Diferencias Oomicetos - hongos

- **Composición de la pared celular:** Las paredes celulares de los oomicetos están formadas por celulosa y 1,3- β -glucanos. Los hongos verdaderos contienen quitina en sus paredes.
- **Reproducción:** Los oomicetos producen zoosporas biflageladas (móviles) que nadan en el agua para dispersarse. Los hongos producen esporas típicas, generalmente no móviles (conidios, ascosporas, etc.).
- **Filogenia y Parentesco:** Los oomicetos son protistas (Stramenopila) relacionados con algas pardas y diatomeas. Los hongos pertenecen al reino Fungi, más relacionado con los animales.
- **Nutrición y Metabolismo:**

Supervivencia y Persistencia: Sobrevive en el suelo, agua y materia orgánica durante años como **clamidosporas**, micelio o oosporas.

Activación y Esporulación: Con alta humedad (suelo saturado) y temperaturas adecuadas, las estructuras de resistencia germinan, formando hifas (micelio) y esporangios.

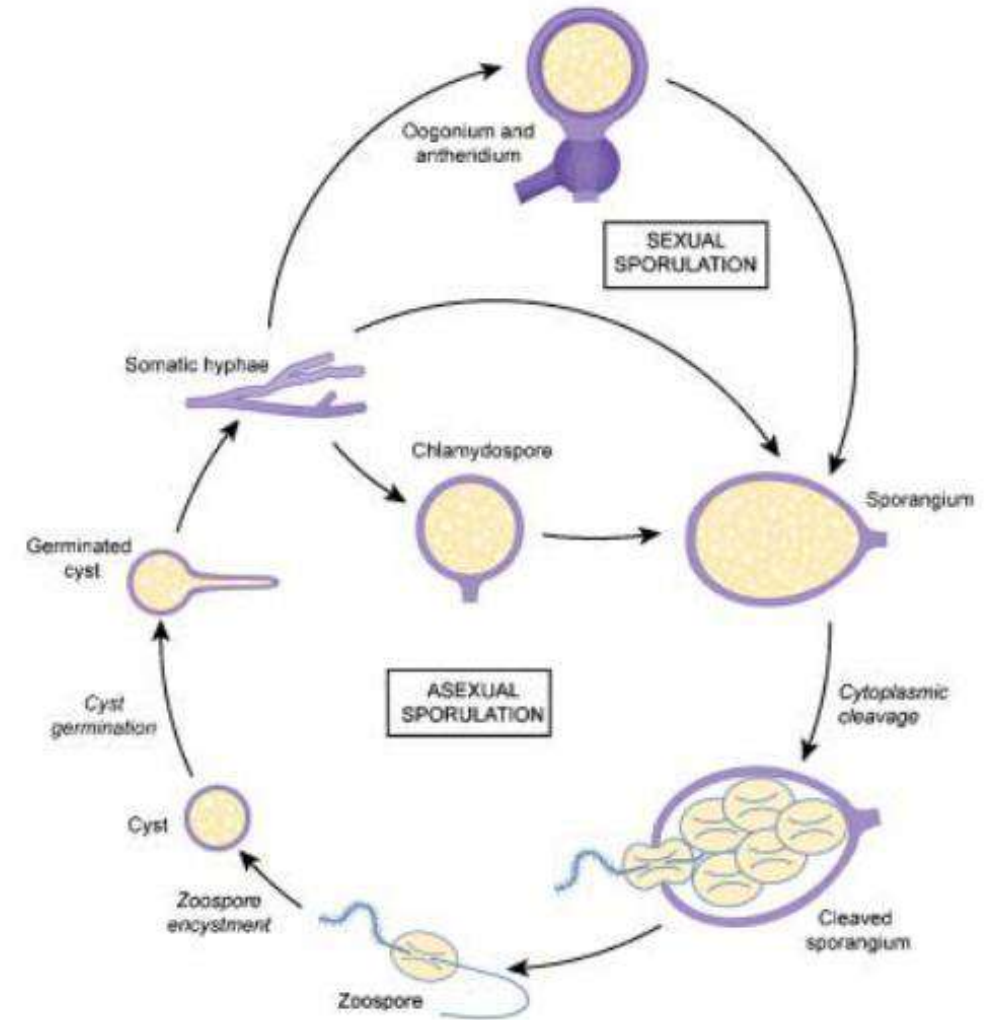
Infección (fase asexual): Los esporangios liberan zoosporas biflageladas, que nadan en el agua del suelo hacia las raíces. Penetran las raíces absorbentes (secundarias) inter e intracelularmente, causando la pudrición radicular.

Colonización: Una vez dentro, el patógeno coloniza la raíz, moviéndose hacia raíces estructurales (primarias)

Reproducción y Dispersión: Produce nuevas clamidosporas y esporangios, reiniciando el ciclo. La propagación ocurre por movimiento de agua, suelo infestado y material vegetal.

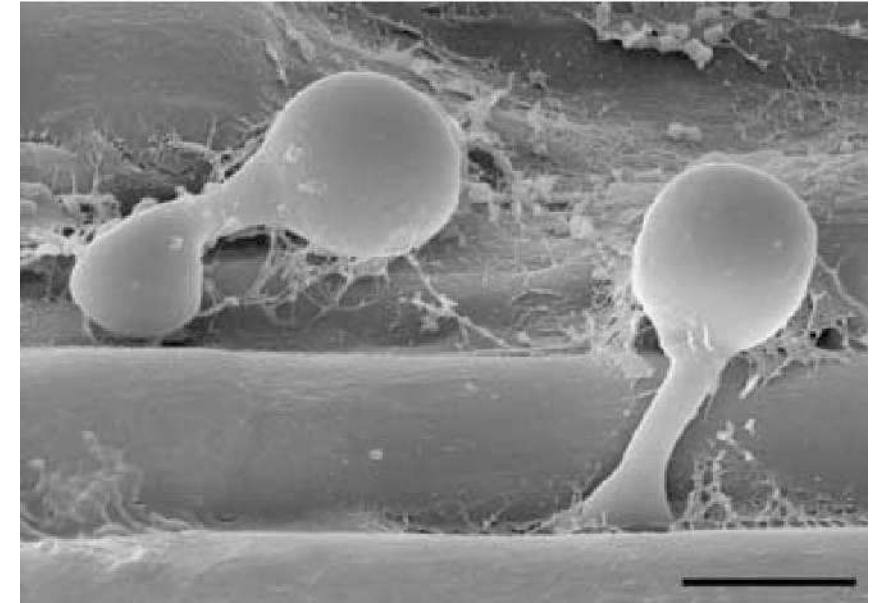
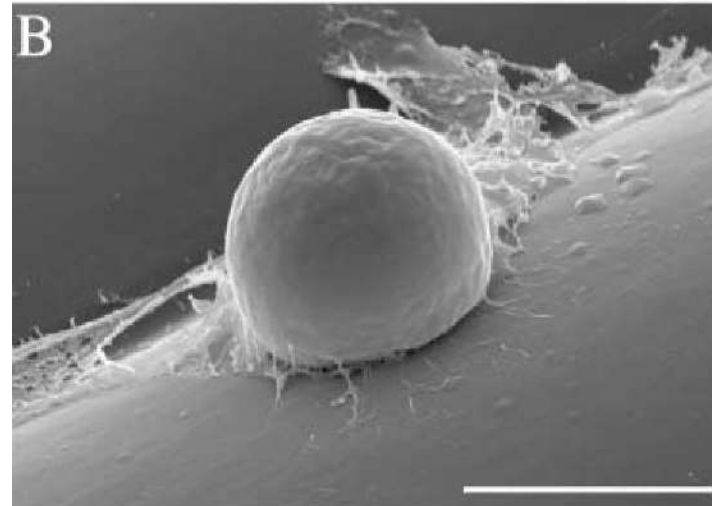
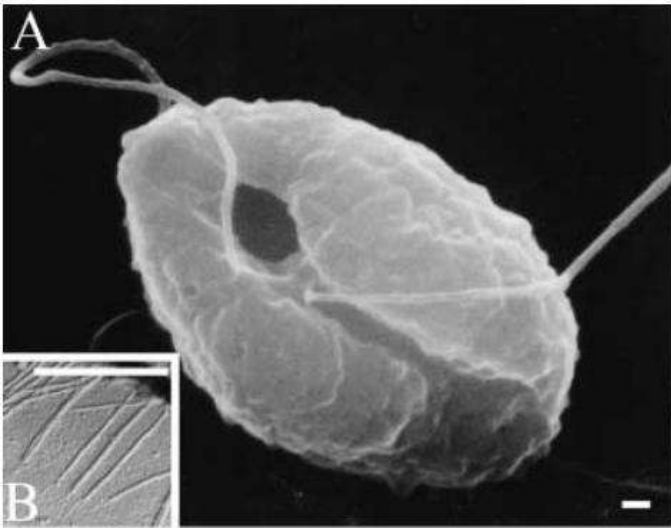
Fase sexual: Se caracteriza por ser un proceso heterotálico, necesita el encuentro de dos tipos de compatibilidad distintos A1 y A2. Oogonio y Anteridio (Hardham, 1987.)

Life Cycle of *Phytophthora cinnamomi*



3. Epidemiología

<https://www.youtube.com/watch?v=PxF8OwDtJh0>



Zoospora con los dos flagelos que emergen del centro del surco longitudinal en la superficie ventral y la vacuola de expulsión de agua.. (Hardham, 1987.)

Zoospora enquistada adherida a la superficie de una raíz de tabaco.

Penetración en la planta. Micrografía electrónica de crioscaneo de dos quistes de *Phytophthora cinnamomi* que germinaron e invadieron la epidermis subyacente de una raíz de alfalfa. En la zona donde el tubo germinativo penetra la superficie de la planta, se expande formando una protuberancia similar a un apresorio. Scale bar = 10 μ m.

 Grabadora de pantalla Se guardaron las graba..

ZOOSPORE INFECTION

Infección por raíces: zoosporas atraídas por exudados radiculares → enquistamiento → germinación y formación de hifas/haustorios → colonización cortical y, en casos agresivos, avance hacia cambium y xilema.

Etapas iniciales del proceso

Atracción y adhesión: zoosporas biflageladas son atraídas quimiotácticamente por exudados radiculares, se adhieren en zonas favorables (surcos), se enquistan y secretan adhesivos.

Germinación y penetración: del quiste: hifa de penetración y atraviesa la epidermis.

Crecimiento inter e intracelular: inicialmente intercelularmente a lo largo de las paredes; intracelular y formación de estructuras tipo haustorio.

Estrategias de ataque del patógeno

- **Quimiotaxis y atracción:** zoosporas responden a aminoácidos, isoflavonas y aldehídos de raíces.
- **Penetración y degradación:** enzimas apoplásticas (pectinas, celulasas) y formación de hifas/haustorios.
- **Efectores citoplasmáticos y apoplásticos:**
 - *RxLR* y *CRN* (translocación a célula huésped) — manipulan procesos celulares.
- **Elicitinas (ELI/ELL):** proteínas apoplásticas con doble papel — pueden facilitar invasión y, en otros hospedantes, desencadenar defensa.
- **Formación de estructuras de resistencia:** esporangios, clamidosporas y oosporas para supervivencia.

Oßwald W. et al., 2014 Strategies of attack and defence in woody plant-Phytophthora interactions. Forest Pathology 44:169–190.

Respuestas y defensas de la planta.

- **Inmunidad basal (PTI):** reconocimiento de PAMPs por PRRs → depósito de callosa, remodelado de pared, acumulación de proteínas PR y fitoalexinas.
- **Inmunidad específica (ETI):** reconocimiento de efectores por proteínas R (NBS-LRR) → respuesta hipersensible (HR) y activación de rutas de señalización (MAPK, WRKY).
- **Defensas físicas y químicas:** papilas, lignificación/suberización, acumulación de fenoles y peroxidasa-dependiente de H_2O_2 .
- **Señalización hormonal:** cambios en ABA, etileno y citocininas que modulan estomas, transporte y tolerancia.
- **Supresión de defensa:** algunos efectores y elicinas pueden desactivar genes de defensa en hospedantes susceptibles.

4. Síntomas

Consecuencias fisiológicas y síntomas

- **Raíz dañada** → menor absorción de agua y nutrientes → desequilibrio hídrico.
- **Señal hormonal ($\uparrow$ ABA, $\uparrow$ etileno)** → cierre estomático → caída de fotosíntesis y rendimiento.
- **Colonización del xilema** → taponamiento (tílosis), pérdida de conductividad hidráulica → marchitez, clorosis y muerte súbita.
- **Destrucción de floema** → acumulación de carbohidratos en hojas → inhibición fotosintética por retroalimentación.

Síntomas en la copa y la parte aérea

Decaimiento lento: caída gradual de hojas, clorosis y pérdida progresiva de masa foliar; ramas parcial o totalmente defoliadas.

Decaimiento rápido: secado súbito de ramas con hojas que permanecen adheridas un tiempo antes de caer; puede terminar en la muerte del árbol.

Reducción de producción: menor producción de bellota y corcho y pérdida de vigor general de la dehesa.





Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



PNDR
Programa Nacional
de Desarrollo Rural
2014-2020

GRUPO DE TRABAJO DE MEJORA GENÉTICA DE *QUERCUS* MEDITERRÁNEOS

Quercus ilex y *Q. suber* ante estrés hídrico y *Pc*: respuesta del
sistema radicular



Universidad
de Huelva



**Cofinanciado por
la Unión Europea**



GOBIERNO
DE ESPAÑA



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



Ayuntamiento de
HUELVA

Fotografía



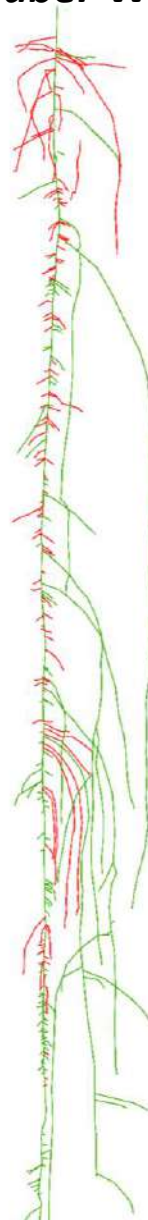
Digitalización
(ArcGis)



A) *Q.suber* Ws+NPc



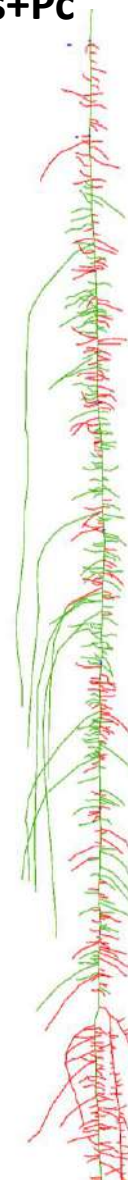
B) *Q.suber* Ws+Pc

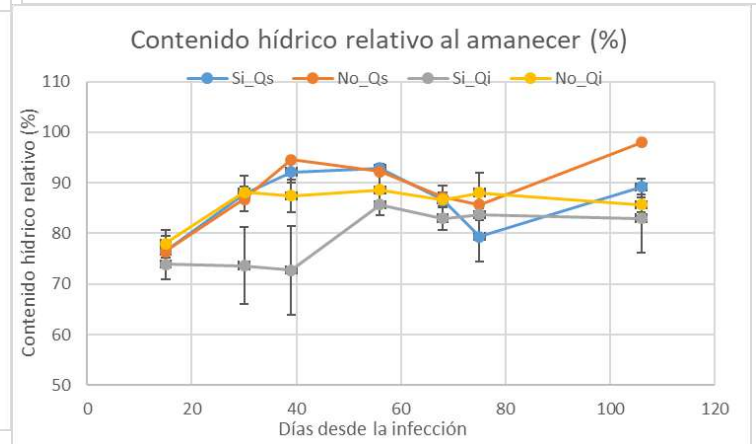
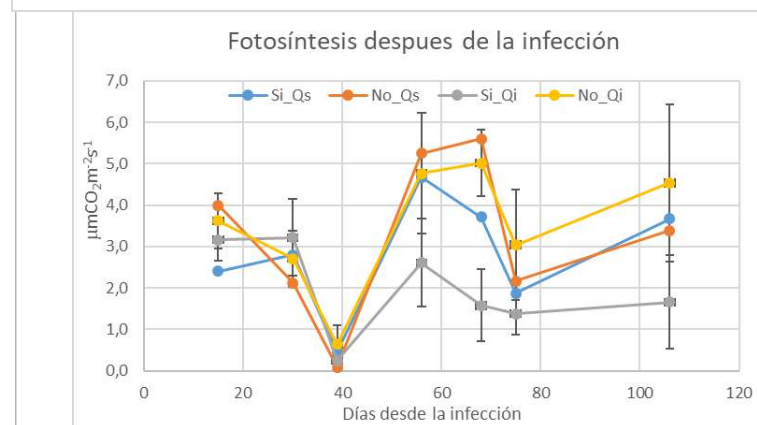
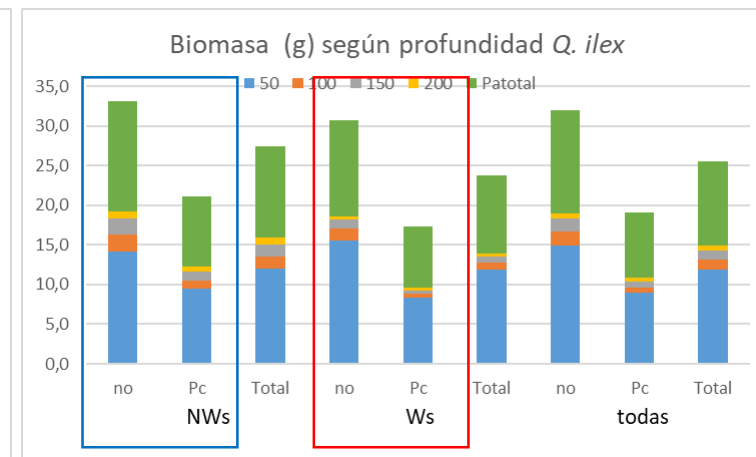
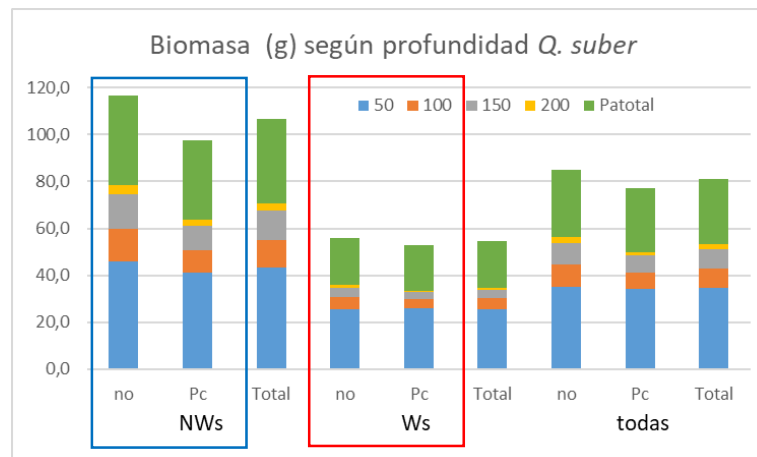


C) *Q.ilex* Ws+NPc



D) *Q.ilex*
Ws+Pc



Efectos en el sistema radical de encinas y alcornoque ante estrés hídrico y *P. cinnamomi*

5. Diagnóstico

1. Métodos de cebado (baiting) — detección de propágulos viables

Hojas o tejidos susceptibles se colocan en suspensión de suelo/agua para atraer zoosporas; tras infección, se aíslan *Phytophthora* desde las hojas.

Detecta propágulos viables capaces de producir zoosporas; útil cuando la carga es baja. Requiere condiciones húmedas y tiempo (días); no cuantifica fácilmente.

2. Aislamiento en medio selectivo y cultivo

Medios selectivos para oomicetos (p. ej. PARP, V8-agar con antibióticos) permiten aislar colonias típicas.

Descontaminación superficial, siembra en medio selectivo, incubación y observación morfológica.

Permite obtener cultivos puros para pruebas adicionales (patogenicidad, secuenciación).

algunos aislamientos fallan si el patógeno está en baja abundancia o si hay competencia microbiana.

3. Detección molecular (rápida y sensible)

qPCR/TaqMan: ensayos específicos para *P. cinnamomi* (p. ej. dianas en *cox2* o ITS) permiten detección y cuantificación en suelo y tejido vegetal; protocolos optimizados ofrecen alta sensibilidad y especificidad.

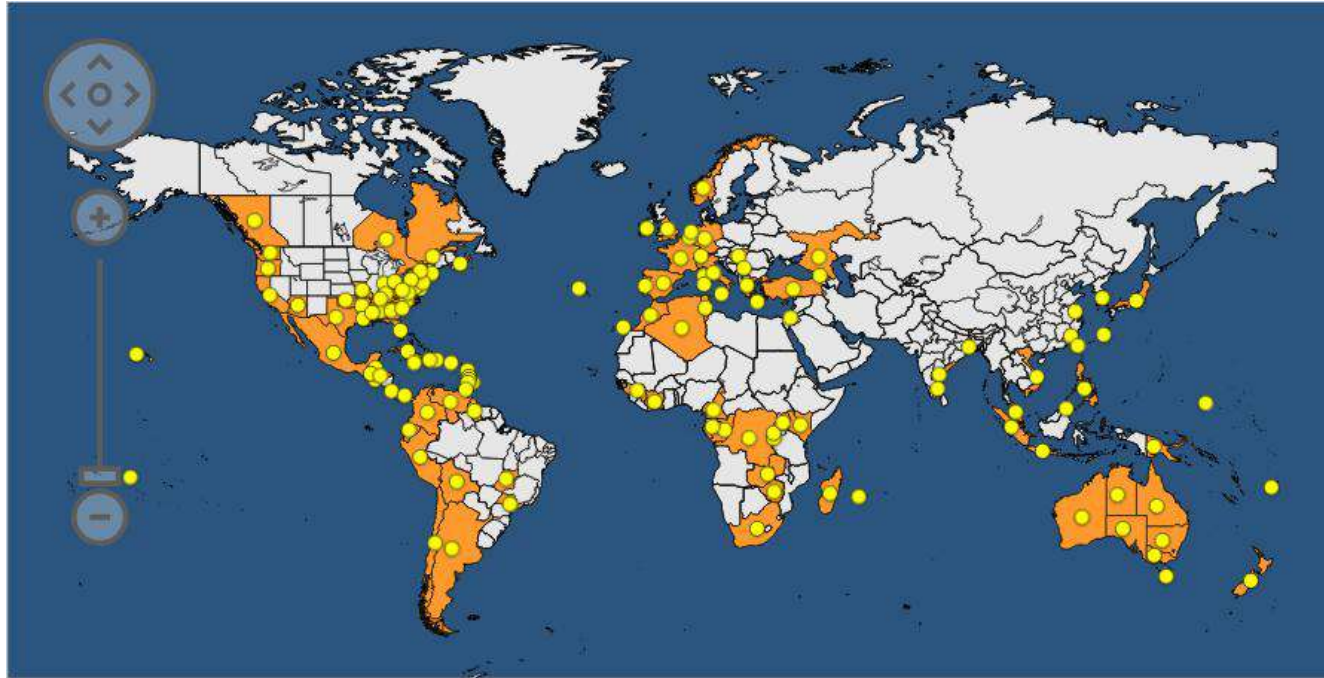
RT-qPCR (mRNA) para viabilidad: protocolos que detectan ARNm permiten inferir si los propágulos están vivos/viables (útil para evaluar riesgo real).

LAMP y ensayos portátiles: alternativas rápidas en campo o laboratorio con equipos mínimos; buena sensibilidad pero requieren controles y validación local.

Metabarcoding / secuenciación: útil para estudios de comunidad y detección múltiple de especies de *Phytophthora* en muestras ambientales.

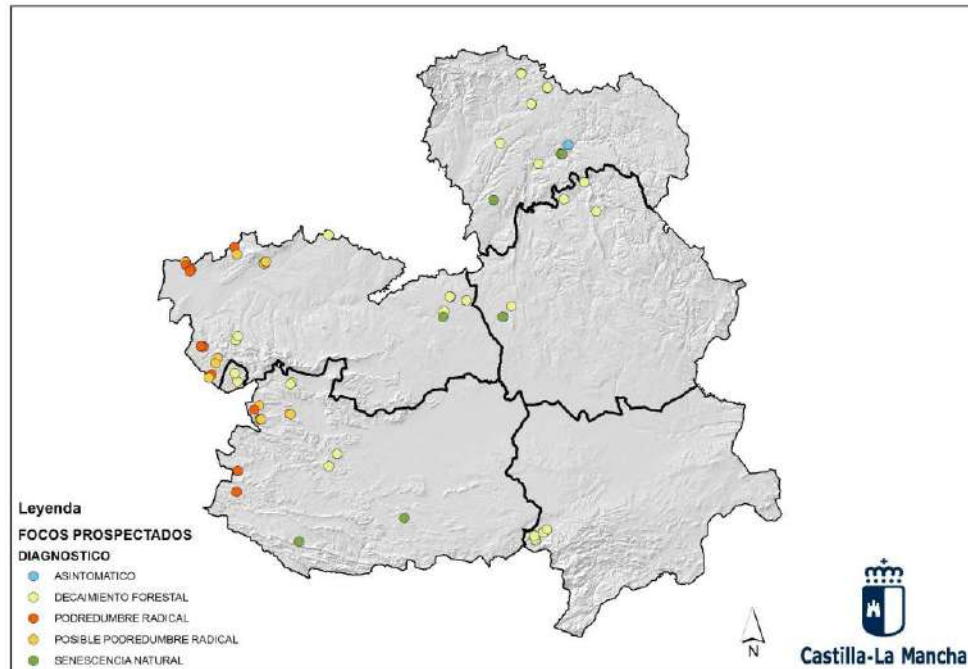
4. Kit comerciales de anticuerpos monoclonales

6. Distribución de la enfermedad

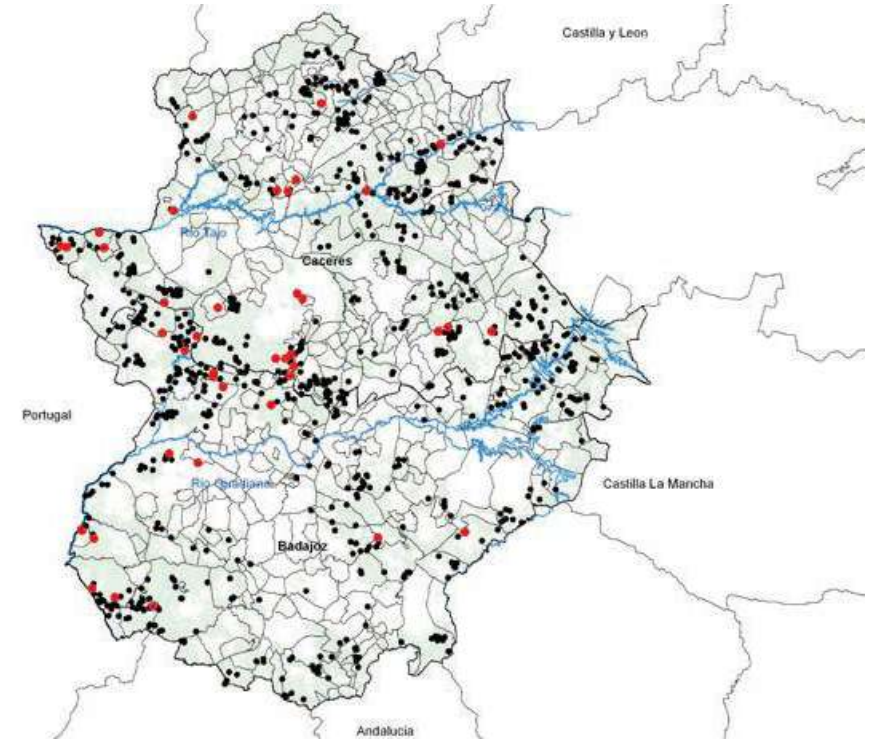


Distribución geográfica de las poblaciones de *P. cinnamomi* en la Península Ibérica. Zamora y col (2016), Caetano y col. (2009). En la Península Ibérica se han identificado dos poblaciones genéticas (clústeres) de *P. cinnamomi*, Grupo A: sur de Portugal y Huelva. Amplio rango de temperaturas (mínima: 1,8°C; óptima: 30,1°C), Grupo B: Extremadura y sur de Andalucía (Cádiz, Sevilla y Córdoba). Temperatura mínima de crecimiento de 5,2°C y una óptima de 26,9°C.

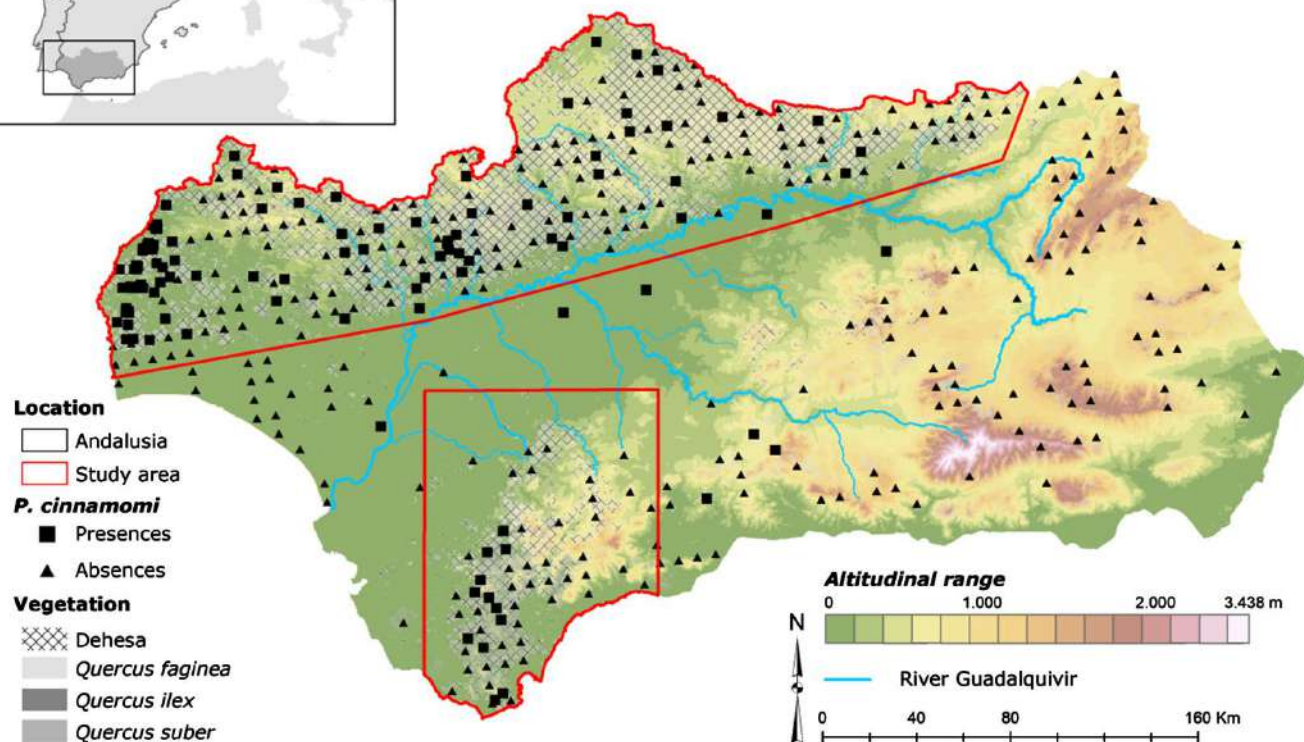
EPPO Global Database; Spain: Present, restricted distribution



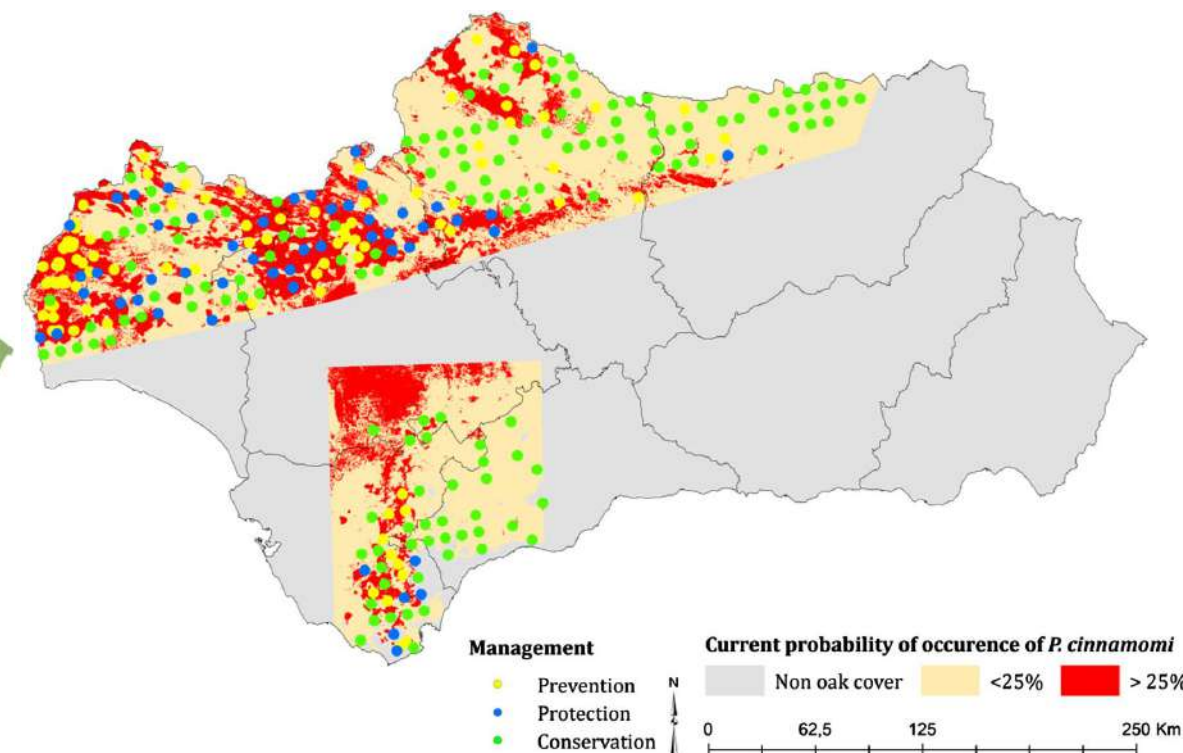
Sancho y col (2019). Caracterización de las masas de Quercus con decaimiento en Castilla-La Mancha y detección de podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands. XIX Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología



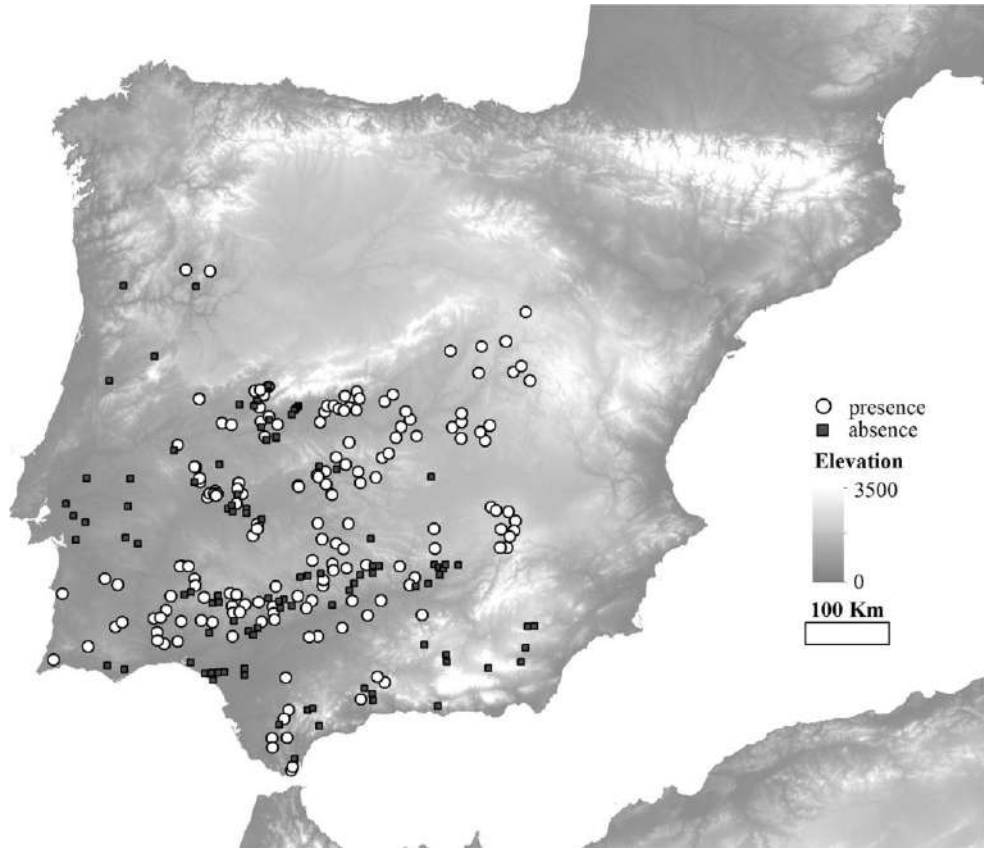
Presencia de decaimiento (seca) en Extremadura. Los puntos negros indican sitios en los que se han observado síntomas. Los puntos rojos son zonas en las que se ha detectado la presencia de *Phytophthora cinnamomi*. Los sombreados verdes muestran las poblaciones de alcornoque (*Quercus suber*) y de encina (*Quercus ilex*) en Extremadura. Cardillo y col (2019). Gestión y prevención de fitóftora en alcornocales y encinares. CICYTEX



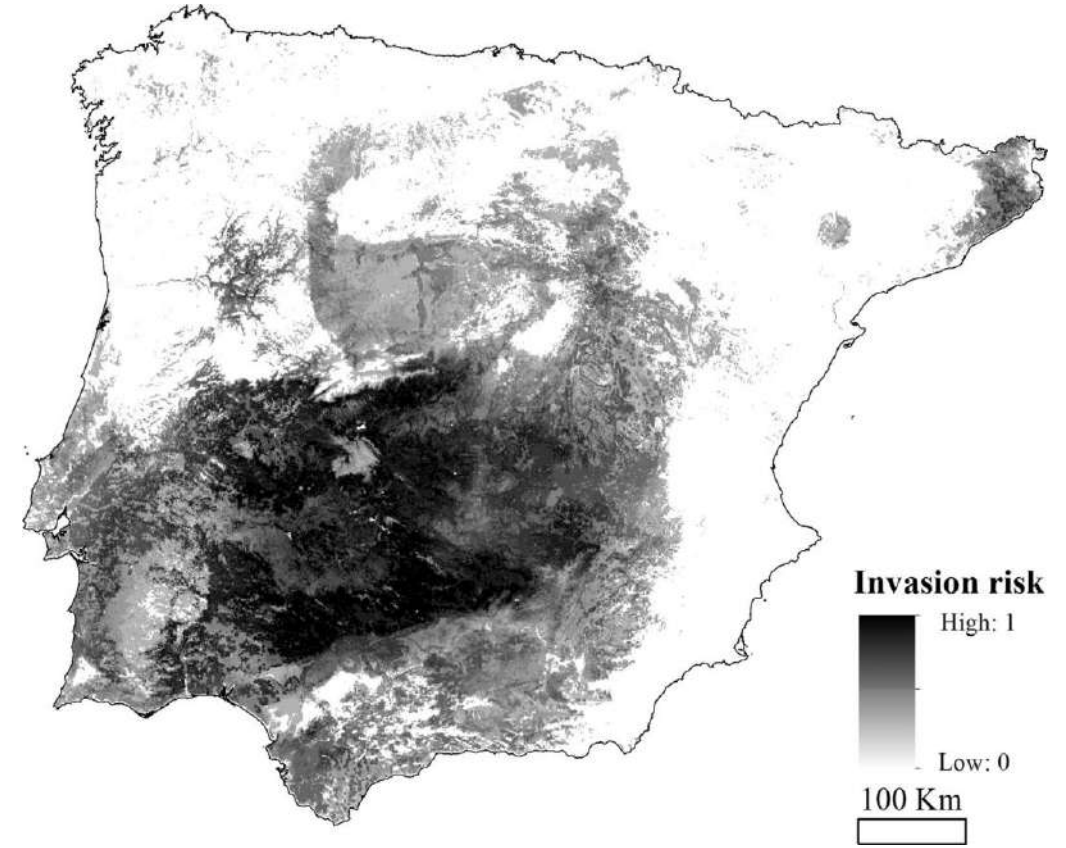
Presencia/ausencia de *Phytophthora cinnamomi* en relación con la distribución de *Quercus* spp., la altitud, el río Guadalquivir y la dehesa. Red SEDA. (Duquelazo y col 2018)



Probabilidad actual de decaimiento causada por *Phytophthora cinnamomi* según lo predicho por el comité promediando modelos de conjunto contruidos con la cobertura arbórea y el tipo climático y topográfico de variables ambientales



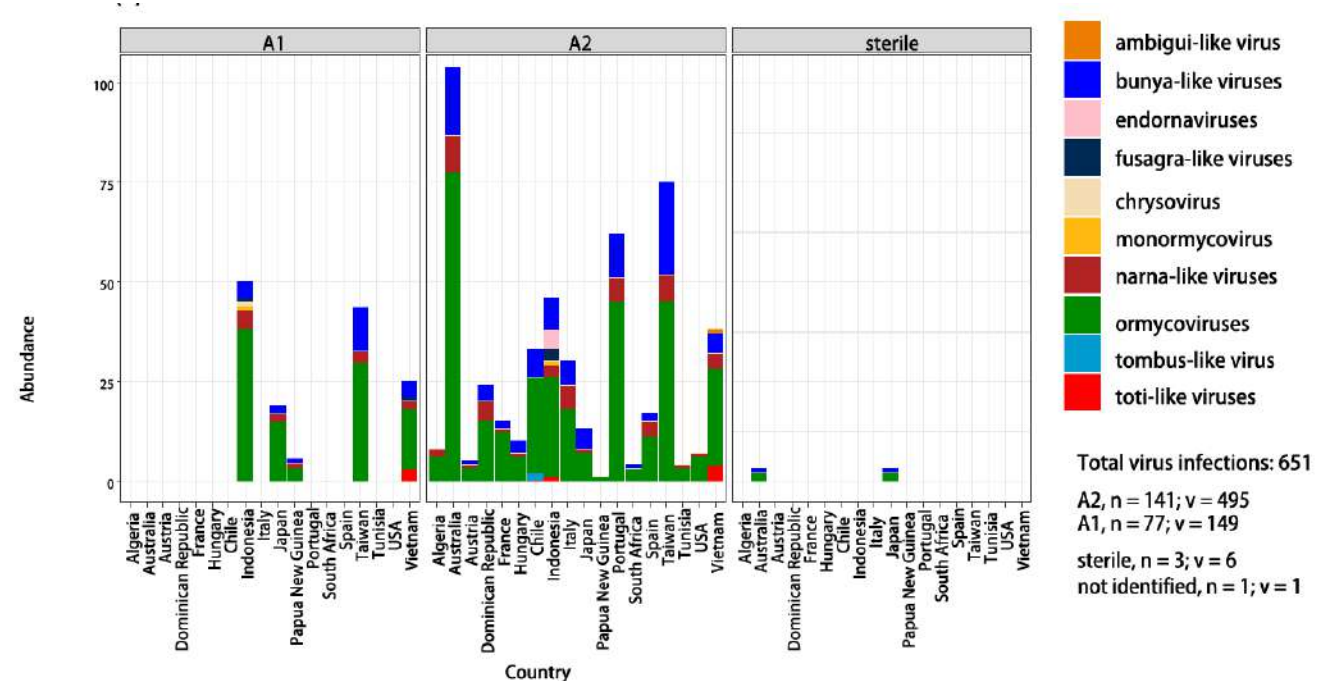
Observed distribution of *Phytophthora cinnamomi* Rands in the Iberian Peninsula (presence: n=157; absences: n=120). Corcobado et al. (2013b), Moreira and Martins (2005), Red SEDA (2015) and Romelaro-Tapia (2008). Hernández-Lambraño et al. (Forest Ecology & Management, 2018)



Potential distribution of *P. cinnamomi* invasion risk (0–1 scale) in the Iberian Peninsula using the best GLM model obtained by multimodel inference

Origen de *P. cinnamomi*

Los datos de distribución, estructura de poblaciones y diversidad genética, junto con la presencia de ambos tipos de apareamiento en ecosistemas naturales de **Australasia y Papúa Nueva Guinea**, apoyan que *Phytophthora cinnamomi* tenga su origen en esta región (probablemente como organismo de larga residencia A1), mientras que su presencia en Europa y América responde a introducciones recientes asociadas al comercio de plantas y suelo.



Bar charts showing the overall abundance of virus types considering mating types MAT A1 and MAT A2 and country (<https://doi.org/10.1093/ve/veaf020>)

7. Impacto ecológico y económico

Impactos económicos directos

Pérdida de producción de corcho y madera. La mortalidad y el decaimiento reducen la cantidad y calidad del corcho extraíble y de la madera comercializable, afectando ingresos de explotaciones alcornoques y montes.

Reducción de producción de bellota. Menos bellotas disminuye la capacidad de pastoreo tradicional (cerdo ibérico, ganado) y la venta de bellota como recurso alimentario, con impacto en la cadena productiva de la dehesa.

Mortalidad de árboles y pérdida de capital arbóreo. La muerte de árboles implica pérdida de capital natural que requiere reposición o abandono de parcelas productivas.

Impactos económicos indirectos y de servicios ecosistémicos

Menor capacidad de pastoreo y renta ganadera. La degradación de la cubierta y del suelo reduce la productividad forrajera, afectando ingresos de ganaderos que dependen de la dehesa.

Pérdida de servicios ambientales y turísticos. La pérdida de masa arbórea reduce atractivo paisajístico, biodiversidad y servicios de regulación (retención de suelo, secuestro de carbono), con efectos sobre turismo rural y valores no comerciales.

Riesgos para cultivos asociados y viveros. La presencia de *P. cinnamomi* en suelos y material vegetal puede afectar plantaciones comerciales (p. ej. aguacate en Canarias) y generar costes de cuarentena y control en viveros. Costes de gestión y recuperación

Medidas preventivas y de manejo: diagnóstico (muestreos, PCR), desinfección de maquinaria, mejora de drenaje, manejo del pastoreo y tratamientos con fosfitos en casos puntuales generan costes recurrentes para propietarios y administraciones.

Restauración y repoblación: sustitución de árboles muertos, plantación de material tolerante y medidas de restauración del suelo implican inversiones a medio y largo plazo.

Muchas gracias



**Cofinanciado por
la Unión Europea**



**GOBIERNO
DE ESPAÑA**



**MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN**



**Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural**



**Ayuntamiento de
HUELVA**