



2022  
Lleida

27 · 1  
junio · juny  
juliol · juliol

Cataluña  
Catalunya

## 8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a  
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

**Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022**

**ISBN 978-84-941695-6-4**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales



Organiza

## Distribución de especies de *Phytophthora* en Cataluña: clima, huésped y vectores de introducción

ŠTRAUS, D.<sup>1,2\*</sup>, CABALLOL, M.<sup>1,2\*</sup>, REDONDO, M.Á.<sup>3</sup>, MACIA, H.<sup>1</sup>, OLIVERAS, J.<sup>1</sup>, RAMIS, X.<sup>1</sup> y OLIVA, J.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal, Universidad de Lleida.

<sup>2</sup> JRU CTFC – Agrotecnio.

<sup>3</sup> Swedish University of Agricultural Sciences.

\*, D. Š. y M. C. han contribuido lo mismo a este trabajo.

### Resumen

El género *Phytophthora* incluye diversas especies de patógenos invasores. Hemos estudiado su distribución en Cataluña, mediante trampeos en ríos, así como muestreos de suelo en bosque. Nuestro objetivo es el determinar la presencia de las distintas especies en base diferentes rangos funcionales tales como especificidad, óptimo climático e interacciones competitivas. Hasta el momento hemos estudiado el efecto del clima sobre la distribución de *Halophytophthora*. Hemos estudiado también el uso recreativo del bosque como vector de introducción. Se han detectado numerosas especies, algunas de ellas no descritas previamente en la península. Se discuten los potenciales riesgos asociados para la vegetación, así como posibles medidas de control.

### Palabras clave

Cambio climático, globalización, viveros, patógeno invasor, patógeno forestal.

### 1. Introducción

El género *Phytophthora* incluye numerosas especies de patógenos forestales (Jung et al., 2018). La mayoría de especies de *Phytophthora* son patógenos de suelo. Atacan las raíces finas del huésped e impiden que este adquiera agua y nutrientes, causando la muerte del mismo. Algunas especies causan chancros que pueden llegar a anillar el árbol en el cuello de la raíz. Un reducido número de especies de *Phytophthora* es capaz de atacar las partes aéreas del árbol como las ramas y las hojas, aunque entre éstas se encuentran algunas de las especies más peligrosas, como *P. ramorum*, *P. lateralis* o *P. pluvialis*.

Los patógenos del género *Phytophthora* han cobrado importancia en los últimos años debido a su relación con el cambio global (Stenlid and Oliva, 2016). Por un lado, el incremento del comercio de planta viva ha contribuido a la expansión de este tipo de patógenos a nivel global (Liebhold et al., 2012). La mayoría de especies de *Phytophthora* tienen la capacidad de generar estructuras de resistencia y de sobrevivir en el suelo y en las raíces de sus huéspedes de manera que escapan a controles sanitarios. Los patógenos del género *Phytophthora* se dispersan por el agua, mediante un tipo de esporas con capacidad de nadar que se llaman zoosporas, lo que hace a los viveros un lugar especialmente propicio para su expansión (Jung et al., 2016). Por último, las especies de *Phytophthora* tienen una alta capacidad de formar híbridos, lo que, sumado a su amplio espectro de huéspedes, les permite encontrar nuevos nichos de infección (Brasier et al., 1999). Por otro lado, algunas especies de *Phytophthora* son susceptibles al frío (Redondo et al., 2015; Redondo et al., 2018a; Redondo et al., 2018b). El clima que ha frenado su establecimiento hasta hoy en día, puede cambiar en un futuro, de manera que zonas boscosas en áreas de montaña o en zonas boreales pueden tornarse habitables para ellas. Sabemos que el clima afecta a ciertas especies como *P. x alni* o *P. cinnamomi* que carecen de estructuras para sobrevivir al frío. Existe un claro decrecimiento en el número de especies a medida que nos situamos más al norte, donde residen especies más adaptadas a temperaturas bajas, con capacidad de generar estructuras y con tendencia a atacar

tejidos poco expuestos de las plantas como las raíces o el tronco (en vez de las hojas) (Redondo et al., 2018a; Redondo et al., 2018b).

En la península Ibérica diversos trabajos realizados han mostrado la gran diversidad de especies que hay (Català et al., 2015; Mora-Sala et al., 2019). Sin embargo, aún conocemos poco su ecología y por tanto se nos hace difícil el predecir qué puede ocurrir en un contexto de cambio climático. Tampoco conocemos qué especies forestales pueden ser más susceptibles a este tipo de patógenos ni cómo se dispersan en el ambiente. En esta síntesis pretendemos explicar los resultados preliminares de diferentes estudios realizados en Cataluña en los que hemos abordado algunos de estos temas, y que por tanto tienen relevancia para la gestión de los riesgos que estos patógenos pueden acarrear en un contexto de cambio global (Mesa 1) tales como Caballol et al. (2021) and Štraus et al. (in prep.).

En el primer trabajo hemos querido mirar como el clima afecta a la distribución de las especies de *Phytophthora* en un gradiente climático. De momento nos hemos centrado en un género cercano, llamado *Halophytophthora* cuyo hábitat se creía exclusivamente restringido a aguas salobres pero que ha sido recientemente descubierto en agua dulce (Yang and Hong, 2014). En 2018 aislamos *H. fluviatilis* en dos localidades de Cataluña lo que nos motivó a buscar cómo se distribuía ese patógeno en los ambientes fluviales de Cataluña y evaluar si podía suponer un riesgo para las principales especies de frondosas de la zona. En el segundo trabajo nos centramos en entender cómo se dispersan estas especies. Nuestra hipótesis es que los humanos son el principal vector de transmisión y que por tanto encontraríamos una mayor presencia de *Phytophthora* en zonas con una mayor afluencia de personas, por ejemplo, áreas con un gran uso recreativo. Este trabajo sirvió también para explorar qué especies habitaban algunos de los bosques más productivos de Cataluña, como los hayedos (*Fagus sylvatica*), los castaños (*Castanea sativa*) y los bosques de alcornoque (*Quercus suber*).

## 2. Objetivos

Los dos trabajos que conforman esta síntesis tuvieron como objetivo (i) conocer la distribución de *H. fluviatilis* en Cataluña y su relación con el clima, (ii) conocer cuáles eran las principales especies de *Phytophthora* que afectaban a los bosques de haya, castaño y alcornoque, y finalmente estudiar qué riesgo suponían estas *Phytophthora* para las principales especies de frondosas de Cataluña.

## 3. Metodología

Para el primer estudio se realizó un muestreo en 117 arroyos en toda Cataluña. Los arroyos eran pequeños torrentes cuya cuenca estaba mayoritariamente cubierta de bosque y en la medida de lo posible sin núcleos de población. Los arroyos se distribuyeron de manera que cubrían zonas con climatología diversa con un rango de temperaturas medias de 7 a 17,2 °C y de precipitación de 386 to 1180 mm. En cada punto se filtraron unos 6 litros de agua a través de unas membranas de 8 µm para retener las zoosporas de *Phytophthora*. El muestreo se hizo en otoño de 2018 y después en primavera de 2019. Los filtros se conservaron en frío y se congelaron el mismo día hasta ser analizados. Se utilizó la técnica de metabarcoding de Redondo et al. (2019) para conocer qué especies de *Phytophthora* y *Halophytophthora* habitaban los arroyos. En el estudio de Caballol et al. (2021) solo nos centramos en *Halophytophthora*, y en la única especie que detectamos, *H. fluviatilis*. Se comparó la abundancia relativa de lecturas de este género entre diferentes localidades en función de su precipitación y temperatura media. Se realizó un estudio de patogenicidad para evaluar el riesgo para algunas de las especies forestales de frondosas más abundantes en Cataluña: *Alnus glutinosa*, *C. sativa*, *Q. faginea*, *Q. ilex*, *Q. pubescens* y *Q. suber*. El ensayo de

patogenicidad se realizó insertando un trozo de agar de 5 mm de  $\varnothing$  colonizado por *H. fluviatilis* en plántulas de un año. Al cabo de 7 semanas se midió la longitud de la necrosis.

En el segundo trabajo se realizó un muestreo dirigido en zonas de uso recreativo con gran afluencia de gente, y en zonas similares con una afluencia marginal de público. La zona de estudio se concentró en los macizos del Montseny, Guillerics y Montnegre, situados al norte de la ciudad de Barcelona. En total se muestrearon 30 bosques de tres especies, *F. sylvatica*, *C. sativa* y *Q. suber*. En cada uno de los bosques se recolectó suelo de dos árboles, uno sano y el otro con síntomas compatibles con un ataque de *Phytophthora* tales como defoliación, “dieback” o clorosis. En cada bosque se tomaron medidas dasométricas como densidad, área basimétrica o regeneración. El suelo recolectado se transportó al laboratorio para realizar el proceso de aislamiento de *Phytophthora* mediante cebos vegetales. Unos 500 g de suelo por muestra se pusieron en bandejas. El suelo se recubrió con agua y al cabo de un día se recubrió la superficie con hojas tiernas de *Q. robur*, *Q. ilex* y *Q. suber*. Las hojas se inspeccionaron diariamente y cualquier lesión necrótica se transfirió a un medio selectivo PARBPH-CMA. Los aislamientos se clasificaron como *Phytophthora* de acuerdo con su morfología y se identificaron a nivel de especie mediante secuenciación de la región ITS. Al igual que en el primer trabajo, realizamos ensayos de patogenicidad de los diferentes aislamientos de *Phytophthora* en seis especies de frondosas.

#### 4. Resultados

La distribución de *H. fluviatilis* en Cataluña siguió un patrón claramente climático. *Halophytophthora fluviatilis* se encontró restringida en áreas con una temperatura media anual superior a 12,2 °C. En cuanto a la precipitación total anual, no se encontró una relación con la distribución, pero sí que se vio que *H. fluviatilis* se encontraba en arroyos en zonas con poca precipitación en verano y primavera. *Halophytophthora fluviatilis* se detectó principalmente en otoño, mientras que las lecturas en primavera fueron mucho menores (28,4 y 2,7% de los arroyos, respectivamente). Los ensayos de patogenicidad mostraron una capacidad de causar lesión mucho menor que la registrada por *Phytophthora* en las mismas condiciones. Sin embargo, *H. fluviatilis* causó lesiones superiores al control en *A. glutinosa* y en *Q. suber*.

Resultados preliminares nos indican que la presencia de *Phytophthora* estuvo asociada al uso recreativo del bosque. Vimos que los bosques con más afluencia tenían un riesgo mayor de tener *Phytophthora* que aquellos menos visitados. Al margen del uso recreativo, ninguna de las variables dasométricas explicó la presencia de *Phytophthora*. Detectamos especies importantes como *P. x cambivora*, *P. plurivora*, *P. cactorum*, *P. quercina* y *P. castanetorum*. Los ensayos de patogenicidad mostraron que *P. x cambivora* era la especie más agresiva (Tabla 1). *Phytophthora cactorum* tenía una cierta preferencia por *F. sylvatica*, en comparación con las otras especies. *Quercus suber* fue la especie de árbol con una susceptibilidad a un mayor número de especies de *Phytophthora*, ya que, en su caso, todas las especies de *Phytophthora* causaron lesiones más largas que el control. *Phytophthora quercina* y *P. castanetorum* fueron las especies menos agresivas.

#### 5. Discusión

Los trabajos realizados en Cataluña confirman la importancia del clima en la distribución de los patógenos del género *Phytophthora* y en particular de *Halophytophthora* (Redondo et al., 2018a; Caballol et al., 2021). En el caso de *H. fluviatilis*, vimos que el hábitat de esta especie son los arroyos de zonas secas, probablemente con periodos de sequía en los cuales no existe corriente de agua superficial (Caballol et al., 2021). La ausencia de esta especie en zonas frías no excluye la posibilidad de que esta especie migre hacia ellas en un contexto de calentamiento global. Sin embargo, y al contrario de lo que vimos en el caso de *P. x alni* con *P. uniformis* (Redondo et al., 2015), no sabemos si la distribución podría en parte estar determinada también por la presencia de

otros organismos, que compiten mejor que *H. fluvialis* en esas condiciones. Sin embargo, no hemos encontrado ninguna otra especie de *Halophytophthora* en Cataluña, ni se conoce de la existencia de otras especies a nivel europeo que habiten ríos de agua dulce. En cuanto a la necesidad de gestionar el riesgo de *Halophytophthora*, no parece que esta especie sea un riesgo para la vegetación. Desconocemos si se trata de una especie nativa o exótica. Aunque *H. fluvialis* fue capaz de causar lesiones más grandes que el control en determinados huéspedes, éstas siempre fueron mucho menores que las registradas por otras *Phytophthora* exóticas, incluso menores que las causadas por especies de *Phytophthora* presuntamente nativas como *P. quercina* o *P. castanetorum*.

La presencia de especies de *Phytophthora* exóticas y altamente agresivas como *P. cambivora* y *P. plurivora* en zonas recreativas no es un fenómeno nuevo (Redondo *et al.*, 2018b). Se sabe que el movimiento de gente puede actuar como vector local, o como vector entre zonas recreativas; sin embargo, se desconoce hasta qué punto este hecho contribuye de manera significativa a la dispersión de estos patógenos. Existe la posibilidad de que las zonas con mayor presencia de público estén también más degradadas con suelos más compactados, daños en las raíces etc. que faciliten el establecimiento de estos patógenos. En cualquier caso, se debe considerar la presencia de *Phytophthora* como un factor de riesgo para zonas cuya popularidad se debe en parte a valores estéticos y ecológicos de interés.

Tabla 1. Susceptibilidad de diferentes especies de quercíneas a diferentes especies de *Phytophthora* identificadas en Cataluña. Se muestra la susceptibilidad relativa por orden alfabético decreciente: A mayor lesión, C, menor lesión. Especies de *Phytophthora* que comparten la misma letra no son significativamente diferentes a una  $p < 0,05$ . Control indica que se realizó la inoculación con un trozo de agar estéril.

Especie forestal	Especie de <i>Phytophthora</i>	Agrupación de medias
<i>C. sativa</i>	<i>P. cambivora</i>	A
	<i>P. plurivora</i>	AB
	<i>P. cactorum</i>	B
	<i>P. castanetorum</i>	C
	Control	C
<i>F. sylvatica</i>	<i>P. cambivora</i>	A
	<i>P. plurivora</i>	AB
	<i>P. cactorum</i>	A
	<i>P. castanetorum</i>	B
	Control	B
<i>Q. suber</i>	<i>P. cambivora</i>	A
	<i>P. plurivora</i>	A
	<i>P. cactorum</i>	B
	<i>P. castanetorum</i>	B
	Control	C
<i>Q. faginea</i>	<i>P. cambivora</i>	A
	<i>P. plurivora</i>	A
	<i>P. cactorum</i>	B
	<i>P. castanetorum</i>	B
	Control	B
<i>Q. ilex</i>	<i>P. cambivora</i>	A
	<i>P. plurivora</i>	A
	<i>P. cactorum</i>	B
	<i>P. castanetorum</i>	C
	Control	C
<i>Q. pubescens</i>	<i>P. cambivora</i>	A

	<i>P. plurivora</i>	AB
	<i>P. cactorum</i>	B
	<i>P. castanetorum</i>	C
	Control	C

## 6. Conclusiones

La gestión del riesgo que suponen los patógenos del género *Phytophthora* en un contexto de cambio global pasa por tener un conocimiento de base de su ecología, biología e interacción con los diferentes huéspedes. En Cataluña se ha empezado por conocer la distribución de estas especies, para saber hasta qué punto está determinada por el clima y por tanto es susceptible de verse afectada en un futuro. Hemos identificado las zonas de alto interés recreativo como sitios clave en los que *Phytophthora* tiene más facilidades para establecerse y por tanto priorizar de cara a establecer medidas de protección. A partir de aquí, debemos profundizar más y entender cuál es el impacto real que estos patógenos pueden causar en los bosques de la península.

## 7. Agradecimientos

J.O. fue financiado con el contrato 'Ramón y Cajal' RYC-2015-17459 del Ministerio. M.C. fue financiada con la beca AGAUR 2021FI\_B00223 de la Secretaría de Universidades e Investigación de la Generalidad de Cataluña y del Fondo Social Europeo.

## 8. Bibliografía

BRASIER, CM.; COOKE, DEL.; DUNCAN, JM.; 1999. Origin of a new *Phytophthora* pathogen through interspecific hybridization. *PNAS* 96 5878-5883.

CABALLOL, M.; ŠTRAUS, D.; MACIA, H.; RAMIS, X.; REDONDO, M.Á.; OLIVA, J.; 2021. *Halophytophthora fluvialilis* pathogenicity and distribution along a Mediterranean-subalpine gradient. *J. Fungi* 7.

CATALÀ, S.; PÉREZ-SIERRA, A.; ABAD-CAMPOS, P.; 2015. The use of genus-specific amplicon pyrosequencing to assess *Phytophthora* species diversity using eDNA from soil and water in Northern Spain. *PLoS ONE* 10, e0119311.

JUNG, T.; ORLIKOWSKI, L.; HENRICOT, B.; ABAD-CAMPOS, P.; ADAY, A.G.; AGUÍN CASAL, O.; BAKONYI, J.; CACCIOLA, S.O.; CECH, T.; CHAVARRIAGA, D.; CORCOBADO, T.; CRAVADOR, A.; DECOURCELLE, T.; DENTON, G.; DIAMANDIS, S.; DOĞMUŞ-LEHTIJÄRVI, H.T.; FRANCESCHINI, A.; GINETTI, B.; GLAVENDEKIĆ, M.; HANTULA, J.; HARTMANN, G.; HERRERO, M.; IVIC, D.; HORTA JUNG, M.; LILJA, A.; KECA, N.; KRAMARETS, V.; LYUBENOVA, A.; MACHADO, H.; MAGNANO DI SAN LIO, G.; MANSILLA VÁZQUEZ, P.J.; MARÇAIS, B.; MATSIKAKH, I.; MILENKOVIC, I.; MORICCA, S.; NAGY, Z.Á.; NECHWATAL, J.; OLSSON, C.; OSZAKO, T.; PANE, A.; PAPLOMATAS, E.J.; PINTOS VARELA, C.; PROSPERO, S.; RIAL MARTÍNEZ, C.; RIGLING, D.; ROBIN, C.; RYTKÖNEN, A.; SÁNCHEZ, M.E.; SCANU, B.; SCHLENZIG, A.; SCHUMACHER, J.; SLAVOV, S.; SOLLA, A.; SOUSA, E.; STENLID, J.; TALGØ, V.; TOMIC, Z.; TSOPELAS, P.; VANNINI, A.; VETTRAINO, A.M.; WENNEKER, M.; WOODWARD, S.; PERÉZ-SIERRA, A.; 2016. Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *For. Pathol.* 43 134–163.

JUNG, T.; PÉREZ-SIERRA, A.; DURÁN, A.; HORTA JUNG, M.; BALCI, Y.; SCANU, B.; 2018. Canker and decline diseases caused by soil- and airborne *Phytophthora* species in forests and woodlands. *Persoonia* 40 182-220.



LIEBHOLD, A.M.; BROCKERHOFF, E.G.; GARRETT, L.J.; PARKE, J.L.; BRITTON, K.O.; 2012. Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Front. Ecol. Environ.* 10 135-143.

MORA-SALA, B.; GRAMAJE, D.; ABAD-CAMPOS, P.; BERBEGAL, M.; 2019. Diversity of *Phytophthora* species associated with *Quercus ilex* L. in three Spanish regions evaluated by NGS. *Forests* 10.

REDONDO, M.A.; BOBERG, J.; OLSSON, C.H.; OLIVA, J.; 2015. Winter conditions correlate with *Phytophthora alni* subspecies distribution in Southern Sweden. *Phytopathology* 105 1191-1197.

REDONDO, M.Á.; BOBERG, J.; STENLID, J.; OLIVA, J.; 2018a. Contrasting distribution patterns between aquatic and terrestrial *Phytophthora* species along a climatic gradient are linked to functional traits. *ISME J.*

REDONDO, M.Á.; BOBERG, J.; STENLID, J.; OLIVA, J.; 2018b. Functional traits associated with the establishment of introduced *Phytophthora* spp. in Swedish forests. *J. Appl. Ecol.* 55 1538-1552.

STENLID, J.; OLIVA, J.; 2016. Phenotypic interactions between tree hosts and invasive forest pathogens in the light of globalization and climate change. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 371.

ŠTRAUS, D.; OLIVERAS, J.; RAMIS, X.; OLIVA, J.; in prep. *Phytophthora* distribution in recreational forests in Catalonia (NE Spain).

YANG, X.; HONG, C.; 2014. *Halophytophthora fluviatilis* sp. nov. from freshwater in Virginia. *FEMS Microbiol. Lett.* 352 230-237.