



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-467

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Resiliencia de bosques riparios de *Alnus glutinosa* en Austria ante infecciones de *Phytophthora* spp.

CORCOBADO, T.^{1*}, BRANDSTETTER, M.¹, DAXER, A.¹, SOLLA, A.^{2,3} y CECH, T.L.¹.

¹Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape (BFW). Department of Forest Protection, Unit of Phytopathology. Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Vienna, Austria. (tamicorsa@hotmail.com)

²Ingeniería Forestal y del Medio Natural. Universidad de Extremadura. Avenida Virgen del Puerto 2, 10600 - Plasencia, España

³ Institute of Dehesa Research (INDEHESA), Universidad de Extremadura, España.

Resumen

El decaimiento y muerte de alisos (*Alnus* spp.) en Europa se asocia desde los años 90 principalmente a la acción de los patógenos del complejo taxonómico *Phytophthora alni*. Para estudiar la resiliencia de *A. glutinosa* a infecciones de *Phytophthora* se seleccionaron cuatro parcelas con *A. glutinosa* infectadas con *Phytophthora* spp. y adyacentes a ríos en Austria. Se realizó un seguimiento periódico de la mortalidad, regeneración y síntomas de infección entre 1998 y 2014, y se recogieron muestras de raíces y xilema para aislar *Phytophthora* spp. Los aislados correspondieron a *P. xalni*, *P. xmultiformis*, *P. uniformis* y una especie escasamente asociada a alisos, *P. polonica*. La supervivencia y la aparición de árboles sintomáticos difirió entre parcelas, y la incidencia y mortalidad final fue superior en presencia de *P. polonica*. Se observó que los porcentajes de árboles sintomáticos aumentaban con gran velocidad mientras que la mortalidad ascendía a un ritmo mucho menor. Se detectó un mayor riesgo de mortalidad en árboles con tamaño de hoja reducido, mientras que el riesgo disminuía en presencia de muerte de ramillos y de alisos con más de un pie por tocón. La falta de regeneración natural fue generalizada. Los resultados indican una escasa resiliencia de *A. glutinosa* frente al complejo *P. alni* y pronostican un mal escenario para los alisos de España, cuya mortalidad es más reciente que en Austria.

Palabras clave

Patógenos, aliso, mortalidad, regeneración, seguimiento fitosanitario

1. Introducción

Desde los años 90 la mortalidad y debilitamiento de los alisos se ha ido incrementando en toda Europa hasta alcanzar niveles elevados. Detectada en primer lugar en Reino Unido (GIBBS 1995) y seguidamente en Austria (CECH, 1997), esta mortalidad se asocia a la acción principalmente del complejo *Phytophthora alni*, varias especies patógenas que atacan específicamente a los alisos. El complejo *P. alni* ha sido recientemente clasificado en las tres especies *P. xalni*, *P. xmultiformis* y *P. uniformis* (HUSSON et al. 2015). En España, se ha registrado una mortalidad masiva de alisos desde 2005 (TUSET et al. 2006), si bien no se detecta *P. xalni* hasta 2009 (SOLLA et al. 2010).

Los bosques riparios de alisos están sometidos a múltiples infecciones en el tiempo debido al contacto de sus tejidos con la escorrentía superficial, la cual transporta miles de zoosporas infectivas constituyendo así una importante vía de transmisión de *Phytophthora* spp. Las múltiples infecciones producidas en distinto momento unido a una menor supervivencia del complejo *P. alni* en invierno conducen a cambios en la concentración del inóculo capaz de infectar alisos. Estos hechos se combinan con estados transitorios de salud y de vigor de los alisos a lo largo del tiempo, condicionados por el clima y el sitio. Se desconoce cómo influyen estos cambios de vigor en la supervivencia del árbol. Los síntomas asociados a la infección por *Phytophthora* spp. son generales e incluyen defoliación, muerte de ramillos, pequeño tamaño y amarillamiento de hojas, fructificación

excesiva y temprana, necrosis radicular y aparición de exudados a causa de las lesiones en la superficie del tronco y en raíces gruesas. Estos síntomas pueden aparecer de forma aislada o en conjunto. Se ignora si la aparición de ciertos síntomas se asocia a un indicio o predictor de un aceleramiento o un mayor riesgo de mortalidad. El aliso es un árbol con gran capacidad de regeneración por rebrote, y su madera, aunque de baja calidad, ha sido usada tradicionalmente a nivel más local para pequeños usos industriales o artesanales. Es por tanto frecuente ver alisos con tallos múltiples como consecuencia de la tala y el rebrote. Mientras algunos autores han observado que los alisos de rebrote de sistemas riparios registran niveles más bajos de infección (GIBBS 2003) que los alisos sin talar, otros autores muestran niveles de reinfección y mortalidad mayores en plantaciones (JUNG & BLASCHKE 2004). No existen estudios que contemplen un seguimiento continuado de alisos adultos procedentes de rebrote en términos de vigor y mortalidad.

2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo fue describir la mortalidad a largo plazo de *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn en riberas y suelos infestados por *Phytophthora* spp. a partir del análisis de (i) la aparición de síntomas asociados a la infección, (ii) la evolución del estado general de salud del arbolado y (iii) evolución de síntomas según el árbol fuera de rebrote o de semilla.

3. Metodología

Zona de estudio

El estudio se realizó en Austria, donde se seleccionaron cuatro parcelas correspondientes a bosques riparios de *Alnus glutinosa* (Tabla 1). El seguimiento de estas parcelas se realizó desde 1998 hasta 2014, de forma no consecutiva. Los primeros síntomas de la enfermedad se observaron en las parcelas entre mediados de los 80 y los 90. Durante el establecimiento de las parcelas, más del 20 % de los árboles seleccionados para el estudio presentaban síntomas de decaimiento y en las cuatro parcelas *Phytophthora* spp. (descrita inicialmente como “alder *Phytophthora*”) fue aislada, asociada como principal factor de decaimiento. Se recogieron los datos meteorológicos correspondientes a los últimos 25 años de las estaciones más cercanas para estudiar posibles diferencias en la temperatura y precipitación entre sitios.

Diseño experimental

En cada parcela se seleccionaron 50 árboles al azar excepto en Marwach donde se escogieron 67. Los alisos se combinaban con otras especies riparias como *Fraxinus* spp. y *Salix* spp. La selección incluyó árboles no decaídos (0-14% de transparencia de copa), árboles con inicio de decaimiento (15-25% de transparencia de copa) y árboles decaídos (25-95% de transparencia de copa) según el grado de defoliación, de acuerdo con EICHHORN et al. (2010). Dentro de cada parcela, los árboles estaban localizados a diferentes distancias respecto al río. Los árboles tenían una altura entre 3 y 18 m, un diámetro de tronco a la altura de pecho entre 5,5 y 53,4 cm y una edad comprendida entre 15 y 95 años.

Desde 1998 a 2014 (en años no consecutivos), concretamente entre finales de primavera y comienzos de otoño, en un total máximo de 10 visitas durante el periodo de mediciones, los árboles fueron visualmente valorados de acuerdo con su estado de salud y la aparición de síntomas asociados a *Phytophthora* spp.

Tabla 1. Descripción de las parcelas de estudio

Parcelas	Localización	Coordenadas geográficas (WGS84)	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Incidencia* inicial 1998/2000 (%)	Incidencia acumulada 2014 (%)	Mortalidad acumulada 2014 (%)	<i>Phytophthora</i> spp. detectadas
Litschau	Austria baja	48,9097; 15,0404	800	8,9	54	66	50	<i>P. xmultiformis</i>
Marwach	Austria alta	48,2842; 14,5398	790	10,0	53	77	58	<i>P. uniformis</i> ; <i>P. xalni</i>
Pucking	Austria alta	48,1825; 14,2097	810	10,1	24	24	8	<i>P. xalni</i>
Sankt Johann	Estiria	47,3236; 16,0469	789	9,9	42	84	82	<i>P. xalni</i> ; <i>P. polonica</i>

*Árboles decaídos y muertos respecto al total

Aislamiento e identificación de *Phytophthora* spp.

La recogida de muestras se realizó a comienzos del estudio (1996-2000) y al final del estudio (2014). Inicialmente, las muestras se componían de corteza y cambium con exudaciones, resultado de la infección. Al final del estudio también se recogieron raíces. Las muestras de corteza y cambium se mantuvieron en agua durante 2-3 días para eliminar el exceso de fenoles. Posteriormente, se cortaron en fragmentos y se secaron con papel de filtro para después ser sembradas en placas con medio selectivo V8-PARPH. Las placas se incubaron durante 4-6 días a 20°C en la oscuridad para facilitar el crecimiento de *Phytophthora* spp.

Las muestras de rizosfera se recogieron de los cuatro puntos cardinales en 5 árboles por parcela. Las muestras se recogieron a 1-2 m del tronco a una profundidad de 10-40 cm. Raíces necróticas y no necróticas de aproximadamente 5-6 cm de largo fueron cortadas en fragmentos de 1 cm, lavadas con agua esterilizada, secadas y sembradas en V8-PARPH. Aproximadamente 9 placas por árbol conteniendo 10 fragmentos de raíces finas fueron incubadas en la oscuridad a 20°C durante 2 días. Las colonias fueron identificadas por sus estructuras sexuales y asexuales mediante microscopio y se seleccionó una muestra para una posterior determinación molecular. Tras la extracción de ADN y amplificación de las regiones ITS del ADN ribosomal mediante PCR usando los primers ITS4 e ITS6, se secuenciaron los productos. El ADN de los aislados identificados morfológicamente dentro del complejo *P. alni* fue amplificado con los siguientes SCAR-PCR primers: PAU-F/PAU-R, PA-F/PA-R y PAM-F/PAM-R (IOOS et al. 2005) específicos para la diferenciación y clasificación en *P. xalni*, *P. xmultiformis* y *P. uniformis*.

Mediciones

Se realizó una valoración inicial de los árboles que incluyó la medición de la distancia de los árboles al río, el diámetro a la altura de pecho (dbh) y la clasificación en árboles con un pie o con varios pies por tocón. Durante los años de estudio, la evaluación visual de los síntomas relacionados con infecciones de *Phytophthora* spp. (Figura 1) abarcaba las categorías de condición (asintomático; inicio del decaimiento; decaído; muerto), tipo de muerte (simultáneo; inicio en la parte superior; inicio en los ramillos bajos y dirigiéndose hacia arriba), regeneración (presencia=1/ausencia=0), muerte de ramillos (presencia=1/ausencia=0), reducido tamaño de hojas (presencia=1/ausencia=0), fructificación anormal (presencia=1/ausencia=0), defoliación (presencia=1/ausencia=0), exudados (presencia=1/ausencia=0), grietas (presencia=1/ausencia=0), cicatrización (presencia=1/ausencia=0), brotes epicórmicos (presencia=1/ausencia=0) y perforaciones por insectos (presencia=1/ausencia=0).

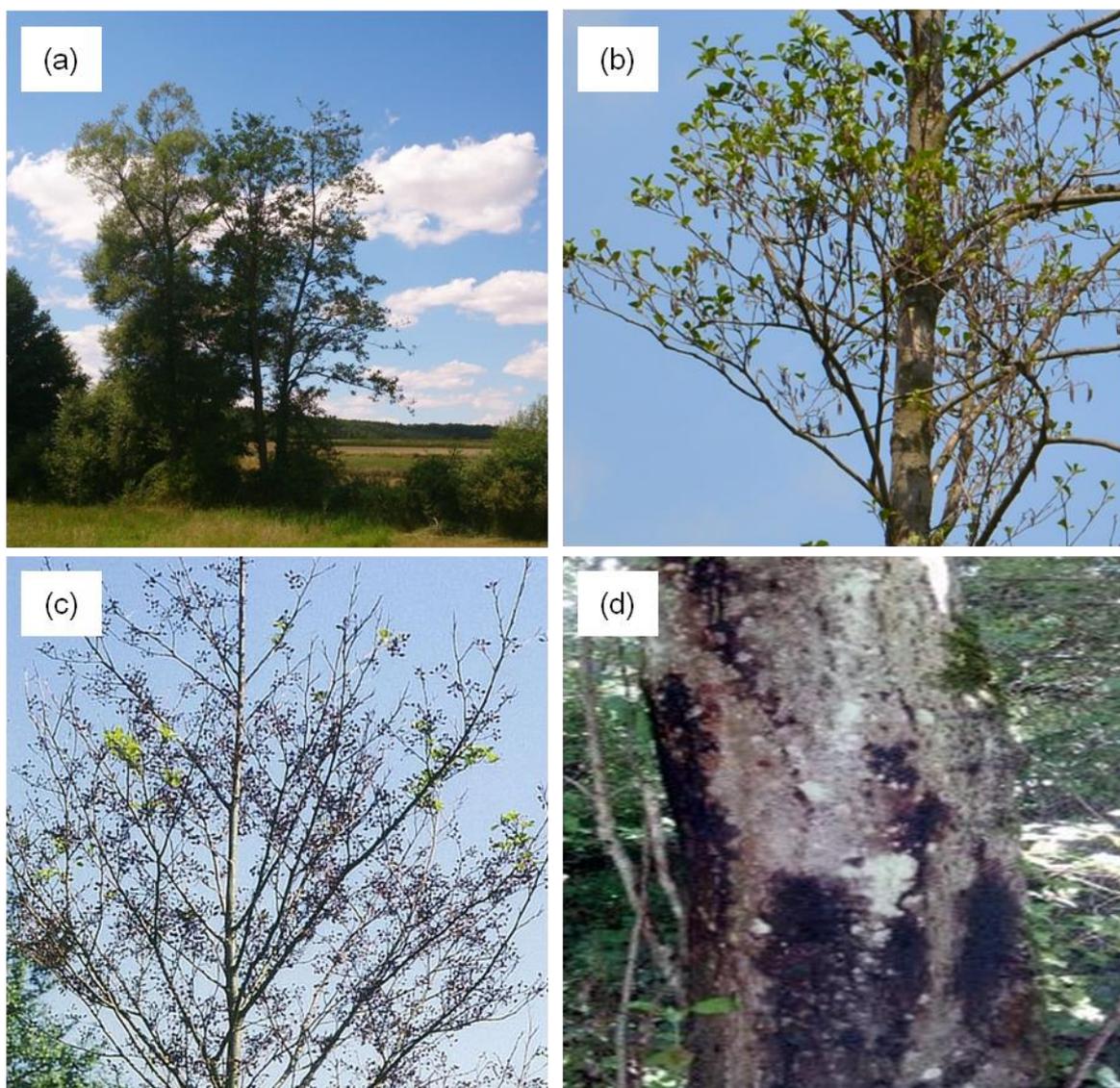


Figura 1. Síntomas en *Alnus glutinosa* asociados a infecciones de *Phytophthora* spp.: defoliación (a); reducido tamaño de hojas (b); fructificación excesiva (c); exudados en el tronco (d).

Análisis estadístico

Para determinar las curvas de supervivencia se utilizó un *análisis de supervivencia* a través del estadístico de Kaplan-Meier, en el cual los árboles que no alcanzan el evento (muerte o decaimiento) son censurados en el análisis (SOLLA et al. 2011). Los datos correspondientes a 2014 (y a 2009 en Litschau) se excluyeron del análisis debido a que no se conoció el año exacto de muerte en el periodo comprendido entre las penúltimas y últimas mediciones. Se compararon las curvas de supervivencia de las distintas parcelas y de todo el conjunto de árboles según la clasificación de cada árbol con un pie o con varios pies por tocón. Sólo se consideraba válida la mortalidad de árboles pertenecientes a varios pies por tocón cuando todos los pies de ese mismo tocón estaban muertos. También se usó el estadístico de Kaplan-Meier para modelizar las diferencias en la velocidad de aparición de árboles sintomáticos (decaimiento leve o severo). En el modelo se incluyó la variable año del evento “aparición de árboles sintomáticos” que correspondía con el año durante el cual el primer pie dentro del grupo varios pies por tocón se mostró sintomático. Finalmente, se analizaron las curvas de supervivencia de los árboles según el estado general de salud al que tendían a lo largo del estudio

(árboles que mejoran, empeoran o se mantienen estables), y se excluyeron los muertos. Para determinar la razón de riesgos de mortalidad de los árboles en función de la presencia o ausencia de cada uno de los síntomas de infección, si pertenecían al grupo un pie o varios pies por tocón o su estado general de salud, se realizaron las regresiones de cox con la función *coxph* y *coxr*. Se contrastó para estas regresiones el cumplimiento de la hipótesis de riesgos proporcionales. Los análisis se realizaron con el programa estadístico R software environment y los paquetes asociados “survival” y “coxrobust”.

4. Resultados

La parcela de Sankt Johann mostró los mayores porcentajes de incidencia y mortalidad (Tabla 1). En general se observó una elevada proporción de árboles que se mantienen estables (bien en estado sintomático o asintomático) y un aumento alarmante de árboles muertos en los últimos años (Figura 2). En las cuatro parcelas la regeneración era muy baja y se detectó la presencia de 4 especies de *Phytophthora* spp.: *P. xalni*, *P. xmultiformis*, *P. uniformis* y *P. polonica*. Sin embargo, las especies diferían entre las parcelas. En relación a los datos meteorológicos, los valores de precipitación no fueron diferentes significativamente entre las cuatro riberas. Sin embargo, los valores de temperatura (valores medio, mínimo y máximo), sí difirieron. Los valores medios y máximos fueron mayores en Pucking y menores en Litschau (10,1 y 20,8°C; 8,9 y 19,5°C, respectivamente; $P < 0,001$). Además, las temperaturas mínimas más bajas se alcanzaron en Litschau en comparación con los demás (-2,22°C; $P < 0,001$).

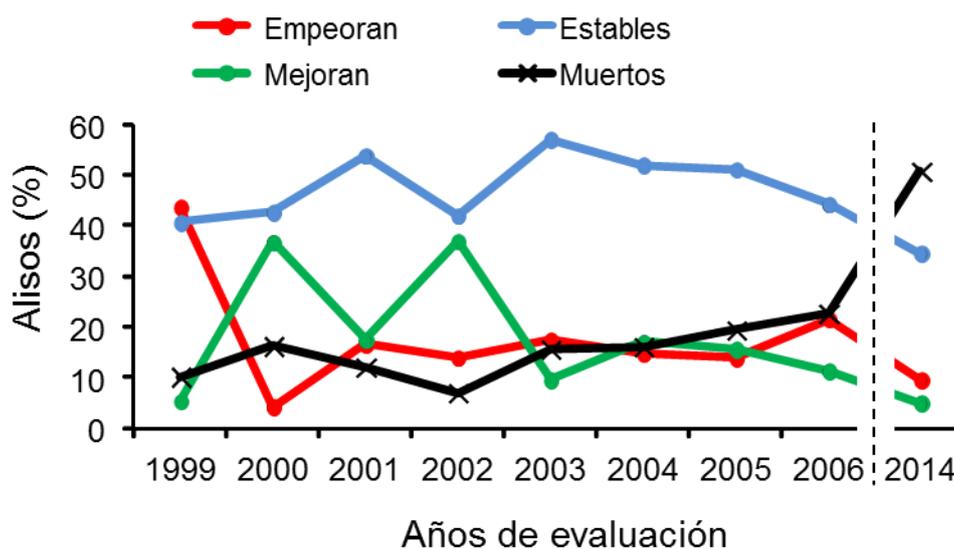


Figura 2. Evolución del estado general de *Alnus glutinosa* en Austria en función de si mejoran, empeoran, se mantienen estables o mueren, desde 1999 a 2014.

El incremento de mortalidad de alisos difirió significativamente entre las riberas ($P < 0,001$; Figura 3), siendo muy acusado inicialmente en Marwach, y escaso en Litschau. Las comparaciones de curvas a pares mostraron diferencias significativas entre las parcelas excepto entre Litschau y Pucking y entre Marwach y Sankt Johann. En relación a la aparición de árboles sintomáticos, los primeros árboles con signos de infección se observaron muy temprano en Marwach ($P < 0,001$; Figura 4), de modo que la proporción de árboles sintomáticos varió con distinta velocidad a lo largo del tiempo entre parcelas. Las comparaciones de curvas a pares también mostraron diferencias entre todas las parcelas excepto entre Litschau y Marwach y entre Pucking y Sankt Johann.

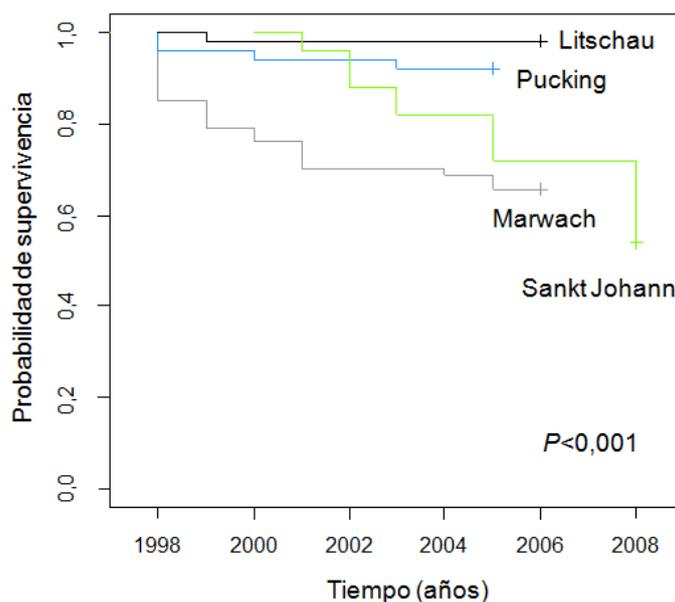


Figura 3. Evolución de la supervivencia (en tanto por uno) de alisos en cuatro riberas en Austria entre 1998 y 2008.

Sí se observaron diferencias significativas de supervivencia entre árboles con un solo pie o varios pies por tocón ($P=0,030$; Figura 5), siendo más rápida y mayor la muerte de individuos con un pie por tocón. Analizando cada parcela por separado, no se obtuvieron diferencias entre árboles con un pie o con varios pies por tocón, excepto en Sankt Johann ($P=0,033$), con similar resultado. En esta parcela concreta, había un número más equilibrado de árboles con un solo pie ($n=16$) frente a varios pies ($n=12$) que en las demás. Fue más rápida la aparición de árboles sintomáticos cuando los árboles pertenecían a la categoría un pie por tocón ($P=0,038$; Figura 6). Dentro de cada parcela, no se observaron diferencias al respecto.

La mortalidad de alisos no fue más acelerada según se clasificaran los árboles como que 'mejoran', 'empeoran', o 'se mantienen estables' ($P=0,526$).

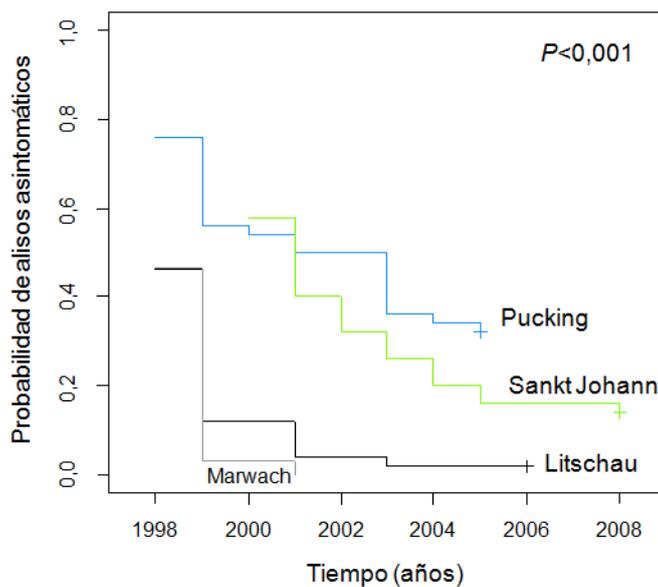


Figura 4. Probabilidad de aparición de árboles sintomáticos debido al complejo *Phytophthora alni*, en las cuatro riberas de alisos en Austria entre 1998 y 2008.

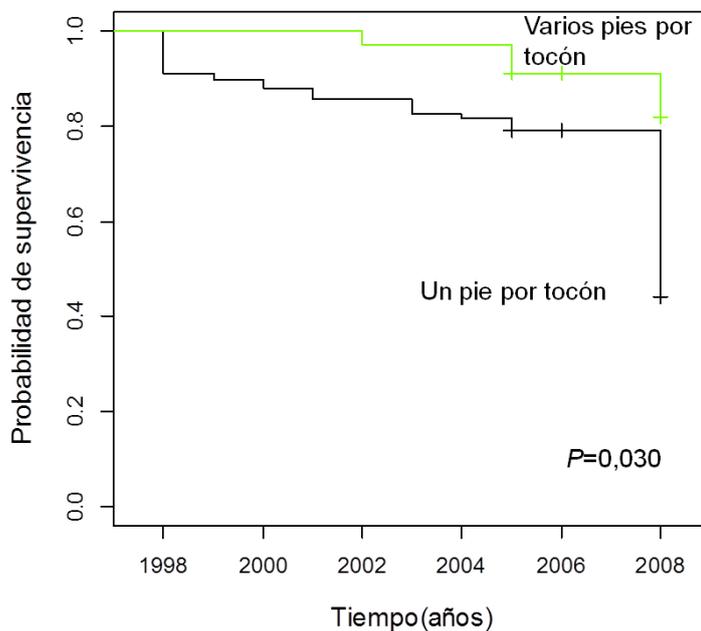


Figura 5. Evolución de la supervivencia (en tanto por uno) de alisos con un pie o con varios pies por tocón en cuatro riberas en Austria, entre 1998 y 2008.

Los dos modelos de regresión de cox creados con las variables independientes presencia o ausencia de cada síntoma y la variable independiente un pie o varios pies por tocón fueron

significativos siguiendo el contraste con el logaritmo del cociente de verosimilitudes ($P < 0,050$). Se observó que aquellos alisos que habían tenido a lo largo del estudio un reducido tamaño de hojas (función coxph) tenían un riesgo de fallecimiento (o razón de riesgos, HR) 5,60 veces mayor ($HR = 5,60$; $P < 0,001$) que los árboles con hojas de tamaño normal. Además, tal y como se obtuvo en el análisis de supervivencia, los árboles con varios pies por tocón tenían un menor riesgo de fallecimiento que un pie por tocón ($HR = 0,32$; $P = 0,036$). Árboles con presencia de ramillos muertos presentaban un riesgo de fallecimiento 76 veces menor ($HR = 0,24$; $P < 0,001$) que los árboles sin ramillos muertos. El modelo de regresión de cox creado para la variable estado general de los árboles no fue significativo ($P = 0,360$).

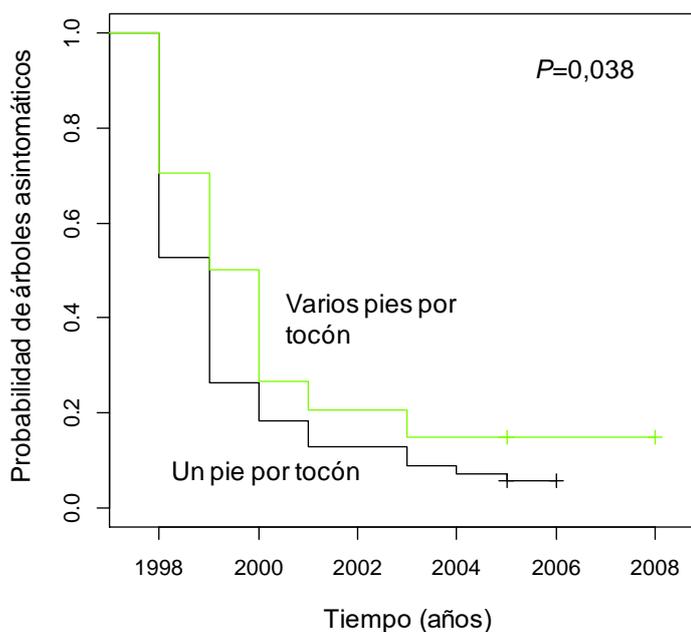


Figura 6. Curvas de Kaplan-Meier referidas a la velocidad de aparición de árboles sintomáticos en función de si el árbol pertenece a la categoría un individuo o más de un individuo por pie, desde 1998 a 2008.

5. Discusión

Existen escasos estudios sobre el seguimiento de árboles adultos sometidos a infecciones naturales de *Phytophthora* spp. a lo largo de un periodo de tiempo amplio (BENOIT, comunicación personal; SOLLA et al. 2009). En este trabajo se ha pretendido estudiar cuatro parcelas correspondientes a bosques riparios de *A. glutinosa* infectados con diferentes especies de *Phytophthora* spp. y evaluar su evolución en términos de sintomatología y mortalidad.

Se ha observado que la supervivencia y la velocidad de mortalidad diferían entre diferentes áreas, de modo que la intensidad de infección se incrementó de forma más acusada en Sankt Johann y Marwach frente a Litschau y Pucking. Se pueden atribuir varias causas a estas diferencias. En recientes trabajos se ha sugerido que temperaturas mínimas bajas de forma prolongada resultan un factor limitante en la supervivencia y desarrollo de *P. xalni* (SCHUMACHER et al. 2006; ČERNÝ et al. 2012; REDONDO et al. 2015). En concreto, ČERNÝ et al. (2012) observó que una temperatura mínima de $-5,5$ °C durante un periodo prolongado afectaba a la supervivencia de *P. xalni*, mientras que una temperatura de $-2,5$ °C no resultaba influyente. En efecto, los valores de T_{\min} fueron significativamente más bajos en Litschau; sin embargo, en esta parcela la mortalidad se asocia a la presencia de *P.*

xmultiformis (Tabla 1), que es la especie menos frecuentemente aislada en Europa dentro del complejo taxonómico *P. alni*. No se cuentan con estudios en profundidad sobre la ecología de *P. xmultiformis*. Se desconoce así, su sensibilidad a las temperaturas mínimas. Sin embargo, en términos de patogeneidad, *P. xmultiformis* se considera menos agresiva que las otras dos especies, lo cual podría explicar la mayor supervivencia de los alisos en Litschau. En relación a *P. xalni*, su presencia en Sankt Johann y Marwach explica la elevada mortalidad debido a su gran agresividad (ŠTEPÁNKOVÁ et al. 2013). Se ignora si en Marwach la acción combinada de *P. xalni* y *P. uniformis* pudiera ser causa de los niveles altos de mortalidad e intensidad. En Sankt Johann, se han detectado *P. xalni* y *P. polonica* conjuntamente; *P. xalni* suele infectar el sistema radicular o la base del tronco y ascender por los tejidos del tronco causando lesiones en el cambium (ČERNÝ y STRNADOVÁ 2012), mientras que *P. polonica* ha sido aislada de rizosfera (BELBAHRI et. al 2006), al igual que en este estudio. Por tanto, *P. polonica* se puede considerar un patógeno de mayor actividad radicular. Una posible sinergia de daños causados por ambas especies podría explicar los elevados valores de mortalidad e infección en esta parcela.

Otro factor influyente y difícil de cuantificar es la frecuencia de múltiples infecciones. Un sistema ripario de alisos tiene probabilidades de sufrir infecciones cíclicas a lo largo del tiempo como consecuencia de su cercanía al río, como fuente de infección. Pucking fue la única parcela dónde no se detectó la presencia de *Phytophthora* spp. en 2014. Los árboles presentan en general un buen estado de salud y los niveles de mortalidad son los más bajos de entre todas las parcelas. Se sospecha que Pucking sólo estuvo sujeto a infecciones iniciales, detectadas antes de 1998, y que el potencial de inóculo de *P. xalni* ha sido bajo por razones que se ignoran.

En este estudio se observa que los porcentajes de árboles sintomáticos ascienden a gran velocidad mientras que la mortalidad alcanza niveles menores en el tiempo. Así, se confirma que los árboles adultos infectados son capaces de sobrevivir durante años aún manteniéndose en estado sintomático avanzado (BJELKE et al. 2016).

El que árboles con varios pies por tocón tengan mayor probabilidad de infección se explica por la mayor superficie expuesta al patógeno. El que árboles con varios pies por tocón tengan menor mortalidad que árboles con un pie por tocón se podría explicar por la mayor eficiencia en cuanto a intercambio de recursos (por ejemplo carbohidratos) que supone disponer de varios pies. Si uno se anilla y otro no, el árbol sigue disponiendo de fotosintatos. Esta ventaja ya fue observada por GIBBS (2003), que recomienda talar inmediatamente los ejemplares de aliso infectados. Tras las infecciones, si se corta temprano la parte aérea, debido a las reservas presentes en el sistema radicular se genera rebrote y éste evita el decaimiento y muerte del sistema radicular. Si no se corta temprano, el rebrote no se induce y el sistema radicular se agota, tal y como observaron JUNG & BLASCHKE (2004) en pies de repoblaciones, tardíamente cortados. Este resultado se plantea como una alternativa al manejo de alisos infectados a través de la regeneración por rebrote.

6. Conclusiones

Se concluye que (i) la velocidad de mortalidad de los árboles está retrasada si el árbol tiene varios tallos; (ii) el estado de evolución del árbol (mejora, empeora o estable) no influye en la velocidad de la mortalidad, y que (iii) determinados síntomas (aparición de hojas diminutas, marchitamiento parcial de la copa) son indicadores de una mayor o menor mortalidad. En base a la primera conclusión se recomienda favorecer el rebrote y facilitar que los alisos cuenten con varios tallos.

7. Agradecimientos

A Christine Hüettler por su asistencia en el trabajo de campo y laboratorio. A Michal Tomsovsky y Daniella Jahn por su trabajo en los análisis moleculares. A los propietarios de las parcelas por

permitirnos trabajar en ellas. Este trabajo ha sido financiado por el gobierno regional de Estiria y la Unión Europea a través de Biodiversa en el proyecto Responses of European Forests and Society to Invasive Pathogens (RESIPATH).

8. Bibliografía

BELBAHRI, L.; MORALEJO, E.; CALMIN, G.; OSZAKO, T.; GARCÍA, J. A.; DESCALS, E.; LEFORT, F. 2006. *Phytophthora polonica*, a new species isolated from declining *Alnus glutinosa* stands in Poland. *FEMS Microbiol Lett* 261(2), 165-174.

BJELKE, U.; BOBERG, J.; OLIVA, J.; TATTERSDILL, K.; MCKIE, B.G. 2016. Dieback of riparian alder caused by the *Phytophthora alni* complex: projected consequences for stream ecosystems. *Freshw Biol* 61, 565-579.

CECH, T. 1997. *Phytophthora* – Krankheit der Erle in Osterreich. *Fortschutz Aktuell* 19/20, 14–16.

ČERNÝ, K.; STRNADOVÁ, V. 2012. Winter survival of *Phytophthora alni* subsp. *alni* in aerial tissues of black alder. *J For Sci* 58, 328–336.

ČERNÝ, K.; FILIPOVÁ, N.; STRNADOVÁ, V. 2012. Influence of low temperature and frost duration on *Phytophthora alni* subsp. *alni* viability. *Forest Systems* 21(2), 337-342.

EICHHORN, J.; ROSKAMS, P.; FERRETTI, M.; MUES, V.; SZEPESI, A.; DURRANT, D. 2010. Visual assessment of crown condition and damaging agents. Manual Part IV. En: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg.

GIBBS, J.N. 1995. *Phytophthora* root disease of alder in Britain. *EPPO Bulletin* 25, 661–664.

GIBBS, J.N. 2003. *Phytophthora* disease of alder: management and control. En Gibbs JN, Van Dijk C, Webber JF, eds., *Phytophthora* Disease of Alder in Europe. Edinburgh, UK: Forestry Commission Bulletin 126, 73–78.

HUSSON, C.; AGUAYO, J.; REVELLIN, C.; FREY, P.; IOOS, R.; MARCAIS, B. 2015. Evidence for homoploid speciation in *Phytophthora alni* supports taxonomic reclassification in this species complex. *Fungal Genet Biol* 77, 12–21.

JUNG, T.; BLASCHKE, M. 2004. *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathol* 53(2), 197-208.

REDONDO, M.A.; BOBERG, J.; OLSSON, C.H.; OLIVA, J. 2015. Winter conditions correlate with *Phytophthora alni* subspecies distribution in Southern Sweden. *Phytopathology* 105(9), 1191-1197.

SCHUMACHER, J.; LEONHARD, S.; GRUNDMANN, B.M.; ROLOFF, A. 2006. New alder disease in Spreewald biosphere reserve—Causes and incidental factors of an epidemic. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes* 58, 141-147.

SOLLA, A.; GARCÍA, L.; PÉREZ, A.; CORDERO, A.; CUBERA, E.; MORENO, G. 2009. Evaluating potassium phosphonate injections for the control of *Quercus ilex* decline in SW Spain: implications of low soil contamination by *Phytophthora cinnamomi* and low soil water content on the effectiveness of treatments. *Phytoparasitica* 37, 303-316.

SOLLA, A.; PÉREZ-SIERRA, A.; CORCOBADO, T.; HAQUE, M.M.; DIEZ, J.J.; JUNG, T. 2010. *Phytophthora alni* on *Alnus glutinosa* reported for the first time in Spain. *Plant Pathol* 59, 798-798.

SOLLA, A.; AGUÍN, O.; CUBERA, E.; SAMPEDRO, L.; MANSILLA, J.P.; ZAS, R. 2011. Survival time analysis of *Pinus pinaster* inoculated with *Armillaria ostoyae*: genetic variation and relevance of seed and root traits. *Eur J Plant Pathol* 130, 477-88.

ŠTĚPÁNKOVÁ, P.; ČERNÝ, K.; STRNADOVÁ, V.; HANÁČEK, P.; TOMŠOVSKÝ, M. 2013. Identification of *Phytophthora alni* subspecies in riparian stands in the Czech Republic. *Plant Prot. Sci.* 49, 3-10.

TUSET, J.J.; GONZÁLEZ, V.; HINAREJOS, C.; MIRA, J.L.; SÁNCHEZ, G. 2006. Prospección para determinar la posible presencia de *Phytophthora* spp. en las alisedas del norte de España. En Cobos JM, ed., *Actas de la XXIII reunión del Grupo de Trabajo Fitosanitario de Forestales Parques y Jardines*. Madrid. 527-537.