



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-289

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Mejora de alcornoques y encinas de Extremadura ante *Phytophthora cinnamomi*: selección de genotipos resistentes

CUENCA VALERA, B.¹, RODRIGUEZ NUÑEZ, L.¹, GRAGERA FACUNDO, J.², BERDON BERDÓN, L.³, LUQUERO RAMOS, L.⁴, OCAÑA BUENO, L.⁴ y SOLLA, A.^{5,6}

¹ TRAGSA. Vivero de Maceda. bcuenca@tragsa.es

² CICYTEX. Instituto de Investigaciones Agrarias. Finca "La Orden-Valdesequera"

³ CICYTEX-ICMC

⁴ TRAGSA. Subdirección de Soporte Técnico e Innovación

⁵ Ingeniería Forestal y del Medio Natural, Universidad de Extremadura, Av. Virgen del Puerto 2, 10600 - Plasencia, Cáceres, España (asolla@unex.es).

⁶ Institute of Dehesa Research (INDEHESA), Universidad de Extremadura, España.

Resumen

En otoño de 2015, técnicos del CICYTEX y TRAGSA establecieron 33 puntos de muestreo para seleccionar encinas y alcornoques en base a criterios de (i) árboles sanos ubicados en focos sintomáticos de seca, (ii) árboles suficientes de cada región de procedencia y (iii) árboles que representen la diversidad edáfica y climática de Extremadura. En cada punto, ICMC-CICYTEX elaboró una ficha descriptiva y seleccionó 3 árboles asintomáticos y con buenas características de forma, un total de 84 encinas y 15 alcornoques. Posteriormente, TRAGSA recogió bellotas de todos los árboles con fruto. La bellota fue desinfectada, estratificada en frío y sembrada en alveolos según diseño en bloques al azar. En un 10% de los bloques se anotó el peso de bellota y el momento de la germinación. En junio de 2016 se inoculó la planta según indicaciones de la Universidad de Extremadura, con una cepa virulenta de *Phytophthora cinnamomi* aislada en Badajoz, y se dejaron plantas control. Semanalmente se tomó nota de los individuos muertos hasta el otoño de 2016.

Los resultados indican la existencia de una variabilidad de respuesta importante de *Q. ilex* y *Q. suber* ante *P. cinnamomi*. Esta variabilidad, unida a los valores significativos de heredabilidad para el carácter 'tiempo en morir' (0,46 y 0,70 en *Q. ilex* y *Q. suber*, respectivamente), permiten afirmar que la mejora de ambas especies es posible. La supervivencia de algunos individuos en campo, ubicados en el medio de focos severos de seca generada por *P. cinnamomi* confirma variabilidad genética aquí observada, que puede ser aprovechada para la mejora genética de encinas y alcornoques a fin de incrementar su tolerancia al patógeno.

Palabras clave

Screening, seca, *Quercus*, micropropagación.

1. Introducción

La encina (*Quercus ilex*) es el árbol más abundante en España (TERCER INVENTARIO FORESTAL NACIONAL, 1997-2007), de modo que los encinares monoespecíficos ocupan de 820.000 ha, y los encinares mixtos, asociados a otras quercíneas, ocupan un área próxima a las 2.500.000 ha, mayormente en forma de dehesas. El alcornoque (*Q. suber*) es un árbol de gran importancia económica y ecológica en el centro y sur de España, y entre otros beneficios, el aprovechamiento corchero proporciona el 23% de la producción mundial (PEREIRA & TOMÉ, 2004). La dehesa es el sistema de aprovechamiento óptimo de *Q. ilex* y *Q. suber*, y es reconocido por la comunidad científica como uno de los mejores ejemplos de gestión extensiva y sostenible de los recursos naturales en Europa (OLEA & SAN MIGUEL-AYANZ, 2006). La dehesa es además un componente fundamental de la

identidad nacional y juega un importante papel en la economía rural del sur y suroeste español (ESCRIBANO Y PULIDO, 1998; CAMPOS *et al.* 2001).

En las últimas décadas la dehesa ha experimentado importantes cambios en sus pautas de manejo y numerosas voces han cuestionado la supuesta sostenibilidad del sistema, al menos ante la actual gestión (PLIENINGER *et al.* 2003; AROSA *et al.* 2017). La compactación, pérdida de fertilidad y erosión del suelo, la ausencia de regeneración natural del arbolado y el decaimiento y mortalidad del arbolado por ausencia de micorrizas y presencia de diversos patógenos, principalmente *Phytophthora cinnamomi*, son algunos de los problemas más reconocidos para *Q. ilex* y *Q. suber* (CAMILO-ALVES *et al.* 2013; CORCOBADO *et al.* 2015, 2017). La utilización de semilla procedente de progenitores selectos que presenten resistencia a *P. cinnamomi* podría ser una alternativa válida para la recuperación de poblaciones de encina y alcornoques afectados. La respuesta de la encina ante *P. cinnamomi* presenta un patrón diferencial entre distintos individuos, ya que existen genotipos con una aparente tolerancia al patógeno (TAPIAS *et al.* 2006; NAVARRO *et al.* 2009; LEÓN, 2013; CORCOBADO *et al.* 2017). Recientemente se observó que en suelos infestados por *Phytophthora* spp., *Q. ilex* subsp. *ilex* germina mejor que *Q. ilex* subsp. *ballota* (CORCOBADO *et al.* 2017). La variación y tolerancia ante *P. cinnamomi* también ha sido documentada en otras especies leñosas (HÜBERLI *et al.* 2002; BUTCHER *et al.* 1984; ROBIN *et al.* 2006). Una posible limitación de la mejora forestal ante un patógeno es la falta de conocimiento sobre la transmisión de la resistencia entre generaciones. No existen datos de heredabilidad de la resistencia de encinas y alcornoques frente a *P. cinnamomi*.

2. Objetivos

A largo plazo este trabajo pretende poner a disposición del propietario materiales forestales de reproducción de encina y alcornoque tolerantes a *P. cinnamomi*. Con ello se conseguiría incrementar la tolerancia a *P. cinnamomi* de las nuevas plantaciones, y de las reposiciones en las dehesas. A corto plazo se pretenden identificar árboles madres cuyas progenies sean tolerantes a *P. cinnamomi*, y evaluar la heredabilidad de la resistencia con miras a la mejora.

3. Metodología

En otoño de 2015, basándonos en estudios previos del CICYTEX referentes a la presencia de daños bióticos por seca en Extremadura, y cruzando estos datos con el mapa de regiones de procedencia y el mapa edafoclimático de la Comunidad, se establecieron 33 puntos de muestreo localizados en focos de seca, pero que al mismo tiempo representaran suficientemente todas las regiones de procedencia, así como las zonas más extremas del territorio en cuanto a clima y tipo de suelo. Estos 33 puntos de muestreo fueron consensuados entre técnicos del CICYTEX y de TRAGSA, y una vez establecidos, técnicos del Instituto del Corcho la Madera y el Carbón (ICMC, Mérida), caracterizaron sobre el terreno cada uno de los puntos, mediante georreferenciación y la cumplimentación de una ficha. En cada punto se seleccionaron tres árboles, encinas o alcornoques según el caso, asintomáticos. En algunos casos fue necesario realizar cambios en los puntos inicialmente propuestos, por ausencia de árboles sanos, por excesivas podas que limitaban la recogida de bellota, o por imposibilidad de acceso a alguna de las fincas. Finalmente se seleccionaron 84 ejemplares encinas y 15 alcornoques, que fueron visitadas en noviembre y diciembre por técnicos de TRAGSA para la recogida de bellotas. Se recogió fruto de todos los árboles de los que fue posible y las bellotas fueron enviadas al vivero de TRAGSA en Maceda, Ourense.

Siembra e inoculación con *Phytophthora cinnamomi*: Las bellotas fueron desinfectadas en una solución de fungicida de amplio espectro (Thiram 2%) y posteriormente estratificadas en turba a 3-4°C durante un mes. A mediados de Enero de 2016, las bellotas fueron sembradas según un diseño de bloques completos al azar, en bandejas forestales Forest Pot de 50 alveolos de 400 cc de volumen cada uno, que contenían una mezcla de turba rubia y vermiculita en proporción 3:1. En el ensayo se incluyeron las progenies de 75 árboles (67 encinas y 8 alcornoques) que fueron los que finalmente

dispusieron de suficiente cantidad de bellota. Cada bloque contenía 2 bellotas del mismo progenitor, y estaba formado por 3 bandejas, 150 plantas en total. En un 10% de los bloques (5) se tomaron datos del peso de la bellota y de la fecha de emergencia.

Las plántulas desarrollaron en condiciones de vivero hasta el mes de junio, recibiendo riegos periódicos con agua de pozo para evitar posibles contaminaciones por *Phytophthora spp.* ocasionadas por la posible contaminación del agua de balsa. En el mes de junio, se inocularon todos y cada uno de los alveolos siguiendo la metodología descrita por SOLLA et al. (2013) con inóculo preparado según método descrito por JUNG et al., (1996) a partir de la cepa de *P. cinnamomi* UEx1 aislada por la Universidad de Extremadura, de alta virulencia. Tras la inoculación, las plantas fueron inundadas hasta la altura del cuello de la raíz durante 24 h y posteriormente dispuestas de nuevo en el invernadero en condiciones de permanente inundación. En el momento de la inoculación, se midió la altura de las plantas en aquellas de las que ya se conocía el peso de la bellota y la fecha de emergencia. Semanalmente se tomó nota de las plántulas muertas, desde la inoculación hasta el mes de octubre. Las plantas supervivientes se reinocularán en la primavera de 2017 para confirmar su resistencia, y las supervivientes serán clonadas *in vitro* y establecidas en campo para la creación de una población de mejora y huerto semillero.

Análisis de datos : La evolución de la mortalidad de los brinzales según la especie, la subregión de procedencia y la progenie se analizó de dos maneras, en primer lugar mediante el procedimiento Survival Time Analysis (SOLLA et al., 2011), censurándose los brinzales vivos. Para modelizar la supervivencia se utilizó el estadístico de Kaplan-Meier, y la significación de este análisis se obtuvo a través de un test no paramétrico (Gehan's). Para obtener diferencias entre curvas se empleó un test. En segundo lugar se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM) mixtos. En ellos cada punto de muestreo, formado por tres árboles, se asumió como una población. Para estimar la variación de la susceptibilidad dentro de cada especie se utilizaron GLM mixtos, con el tiempo en morir como variable dependiente, el bloque como factor fijo, la población (o la subregión) y el árbol madre (anidado a la población) como factor aleatorio, y el peso de la bellota, momento de germinación y altura de la planta como covariables. A partir de los modelos se obtuvieron los componentes de la varianza. Las heredabilidades (h^2 ; en sentido estricto) de encina y alcornoque para el carácter 'tiempo en morir' se estimaron dividiendo la varianza genética aditiva (V_A) entre la varianza fenotípica (V_P). Para corregir las estimaciones de h^2 asumiendo tasas medias de autopolinización entre 1 y 3% (ORTEGO et al. 2010), se utilizó un coeficiente r de parentesco de 0,27 en vez del valor 0,25 habitual entre medios hermanos. Por tanto h^2 fue estimada como:

$$\hat{h}^2 = V_A / V_P = [(1 / r) \times \sigma^2_{f(\text{pop})}] / (\sigma^2_{f(\text{pop})} + \sigma^2_p + \sigma^2_e)$$

donde $\sigma^2_{f(\text{pop})}$ es la varianza entre árboles madre, σ^2_p la varianza entre poblaciones, y σ^2_e la varianza del error. Los errores estándar de h^2 se obtuvieron a siguiendo a JAYARAMAN (1999). Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre peso de bellota, el tiempo en germinar, la altura de la planta y el tiempo en morir se obtuvieron a partir de coeficientes de Pearson, tras relacionar los valores medios familiares e individuales de las variables, respectivamente. Para todos los análisis se utilizó el programa Statistica V.10 (StatSoft. Inc, Tulsa, OK, USA).

4. Resultados

A finales de octubre de 2016, transcurridos 133 días tras las inoculaciones, se observan mortalidades del 25,9% y 14,9% en planta de *Q. ilex* y *Q. suber*, respectivamente. El pico de mortalidad fue en julio para ambas especies (Figura 1a), en concreto a los 26 días desde la inoculación. En base a la mortalidad registrada semana a semana, la ventana de susceptibilidad de ambas especies ante *P. cinnamomi* se define básicamente, para este ensayo, entre el 11 de julio y el 16 de agosto. En *Q. ilex*, la proporción de plantas muertas fue mayor y más acelerada que en *Q. suber* (Figura 1b). Los modelos de supervivencia o curvas de mortalidad difirieron significativamente entre

ambas especies (Figura 1b; $P < 0.0001$), y se estimaron esperanzas medias de vida tras las infecciones de 109 y 118 días para *Q. ilex* y *Q. suber*, respectivamente.

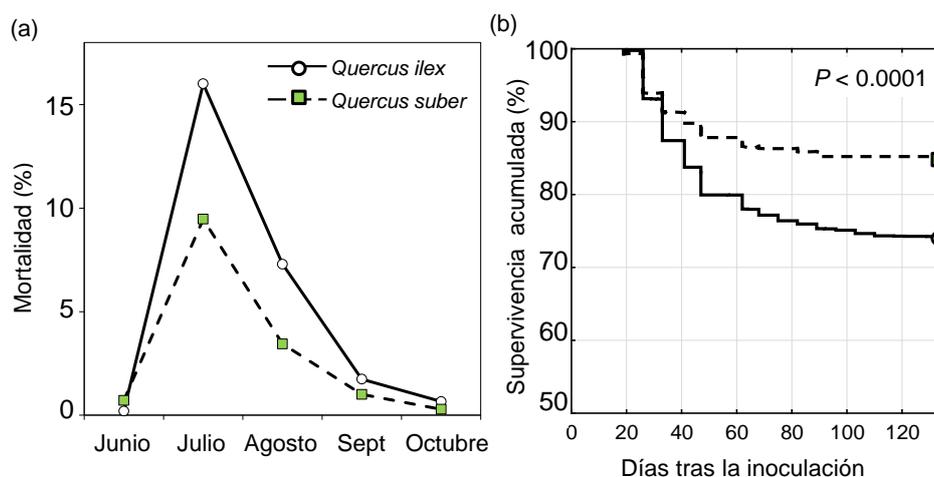


Figura 1. Mortalidad de plántulas de una savia de *Quercus ilex* y *Q. suber* inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* a mediados de junio de 2016, en porcentaje respecto al total (a), y en términos de supervivencia acumulada según el estadístico de Kaplan-Meier (b).

En *Q. ilex* no se observaron diferencias significativas de supervivencia media entre el material de las 5 subregiones de procedencia evaluadas (Figura 2a; $P = 0.201$), ni tampoco entre progenies de Cáceres y Badajoz ($P = 0.529$). No obstante, sí hubo diferencias significativas de mortalidad entre progenies ($P < 0.001$), de modo que los brinzales del árbol madre 499 (progenie menos susceptible) mostraron un patrón de supervivencia muy diferente al de los brinzales del árbol madre 433 (progenie más susceptible; Figura 2b).

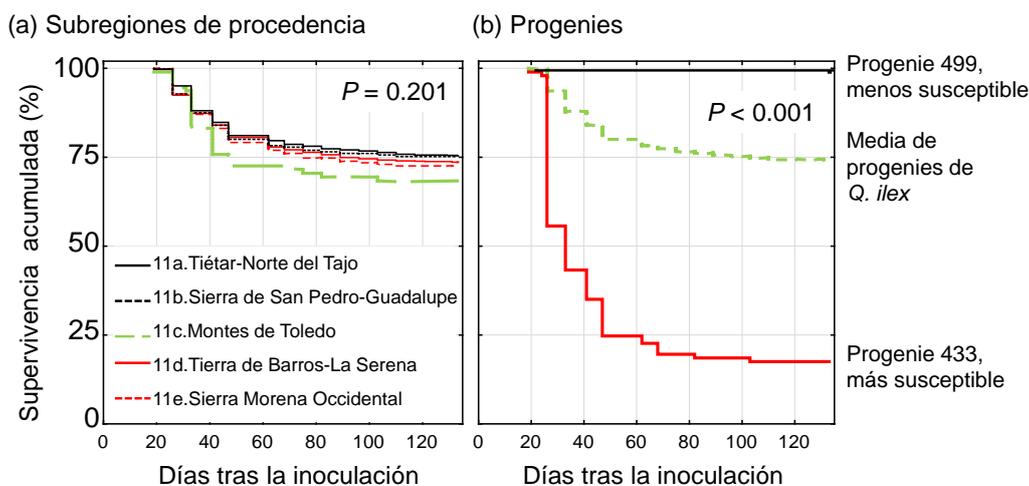


Figura 2. Curvas de supervivencia de plántulas de *Quercus ilex* según la procedencia (a), y según las progenies más extremas en susceptibilidad (b). Las plántulas fueron inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* a mediados de junio de 2016.

En *Q. suber* sí se observaron diferencias significativas de supervivencia media entre las 3 subregiones de procedencia evaluadas (Figura 3a; $P < 0.0001$). Las progenies 450 y 439 fueron las más extremas en términos de susceptibilidad, y en concreto 450 no presentó ningún brinzal muerto al final del periodo vegetativo (Figura 3b). Las progenies 499, 545, 425 y 504 de *Q. ilex* y 450, 452, 451 y 438 de *Q. suber* mostraron mortalidades finales inferiores al 5% (Figura 4). En *Q. ilex* y *Q. suber* se estimaron heredabilidades (en sentido estricto) para el carácter 'tiempo en morir' de $0,46 \pm 0,02$ y $0,70 \pm 0,04$, respectivamente.

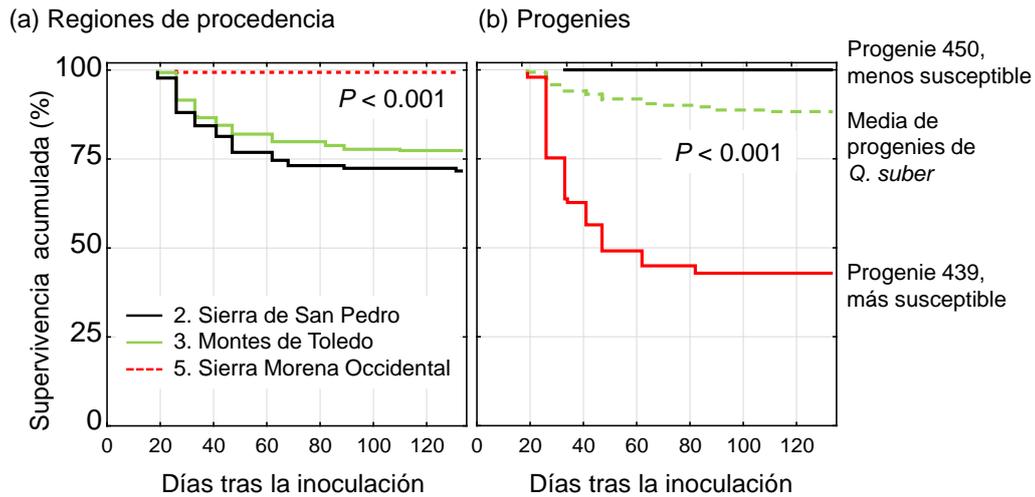


Figura 3. Curvas de supervivencia de plántulas de *Quercus suber* según la procedencia (a), y según las progenies más extremas en susceptibilidad (b). Las plántulas fueron inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* a mediados de junio de 2016.

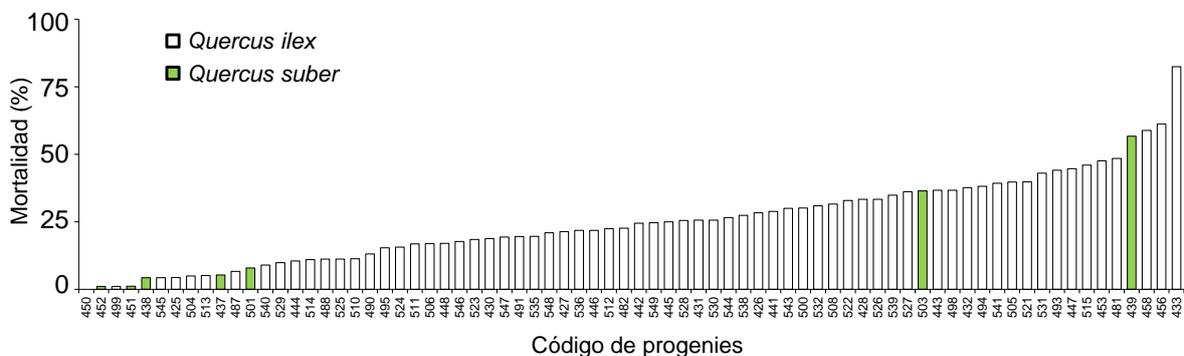


Figura 4. Mortalidad final de 67 progenies de *Quercus ilex* y 8 progenies de *Q. suber* tras ser inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* a mediados de junio de 2016.

Las bellotas de *Q. ilex* más pesadas dieron lugar a las plantas más altas, y a las plantas que más tiempo tardaron en morir (Tabla 1, bajo la diagonal). La altura de las plantas se observó inversamente relacionada con el tiempo que tarda en germinar la bellota (Tabla 1, bajo la diagonal), de modo que las plantas más altas se corresponden con bellotas que germinan antes. Las progenies de *Q. ilex* con las bellotas más pesadas fueron también las progenies más altas, y que más tiempo tardaron en morir (Tabla 1, sobre la diagonal).

Tabla 1. Correlaciones genéticas (entre medias familiares; $n=67$; sobre la diagonal) y fenotípicas (individuales; $n=759$; bajo la diagonal) de cuatro variables medidas en *Quercus ilex*

	Peso de bellota	Tiempo en germinar	Altura de la planta	Tiempo en morir
Peso de bellota	1	ns	0,59**	0,54**
Tiempo en germinar	ns	1	ns	ns
Altura de la planta	0,44**	-0,15**	1	0,42**
Tiempo en morir	0,21**	ns	0,17**	1

Los asteriscos indican significación tras aplicar la corrección de Bonferroni ($\alpha/6$) según * $P<0.05/6$ y ** $P<0.01/6$ ns indica falta de significación debido a que $P>0.05/6$

En *Q. suber*, el peso de la bellota y la altura de la planta no influyó significativamente en tiempo que tardaron en morir las progenies o los individuos (Tabla 2).

Tabla 2. Correlaciones genéticas (entre medias familiares; $n=8$; sobre la diagonal) y fenotípicas (individuales; $n=92$; bajo la diagonal) de cuatro variables medidas en *Quercus suber*.

	Peso de bellota	Tiempo en germinar	Altura de la planta	Tiempo en morir
Peso de bellota	1	ns	0,88*	ns
Tiempo en germinar	ns	1	ns	ns
Altura de la planta	0,54**	ns	1	ns
Tiempo en morir	ns	ns	ns	1

Los asteriscos indican significación tras aplicar la corrección de Bonferroni ($\alpha/6$) según * $P<0.05/6$ y ** $P<0.01/6$
ns indica falta de significación debido a que $P>0.05/6$

5. Discusión

Los resultados indican la existencia de una variabilidad de respuesta importante de *Q. ilex* y *Q. suber* ante *P. cinnamomi*. Esta variabilidad, unida a los valores significativos de heredabilidad para el carácter 'tiempo en morir' (0,46 y 0,70 en *Q. ilex* y *Q. suber*, respectivamente), permiten afirmar que la mejora de ambas especies es posible. La supervivencia de algunos individuos en campo, ubicados en el medio de focos severos de seca generada por *P. cinnamomi* confirma variabilidad genética aquí observada, que puede ser aprovechada para la mejora genética de encinas y alcornoques a fin de incrementar su tolerancia al patógeno. TAPIAS et al. (2005) inocularon encinas procedentes de 7 zonas diferentes (Algarbe, Badajoz, Granada, Cádiz, Huelva y Rioja) y compararon la mortalidad obtenida con la de un ensayo paralelo de alcornoque, observando una mayor mortalidad en progenies de *Q. ilex* que en las de *Q. suber* para tres niveles de infección. Sus resultados coinciden con los obtenidos en este trabajo donde la mortalidad de las progenies de *Q. ilex* fue superior (25,9%) a la mortalidad de las progenies de *Q. suber* (14,9%). Esta variabilidad interespecífica ya fue reportada por otros autores (MOREIRA et al., 1997; SÁNCHEZ et al., 2002).

TAPIAS et al. (2005) observaron un rápido avance de la enfermedad en el caso de la encina con una mortalidad del 17,3% al cabo del mes de la inoculación de tipo A (artificial), que podemos asemejar a la realizada en este trabajo, y de un 90,8% al final del verano. Esta mortalidad final es muy superior a la registrada en nuestro trabajo, lo que puede deberse a las diferentes condiciones ambientales en las que fue realizada la inoculación (Huelva vs. Ourense; las elevadas temperaturas favorecen al patógeno), o a la naturaleza del material vegetal. TAPIAS et al. (2005) no realizaron una selección de los árboles madre, mientras que en nuestro caso se muestrearon árboles con aparente resistencia. Otra posible razón de nuestra menor mortalidad podría ser debida a que ambos trabajos distan 12 años en el tiempo, y la abundancia de árboles infectados es mayor en la actualidad. Individuos infectados, probablemente la mayoría de los árboles madre aquí utilizados, generan planta más tolerante a *P. cinnamomi* que individuos no infectados (SOLLA et al., 2013). En todo caso, las plantas supervivientes se reinocularán en la primavera de 2017 una segunda vez para confirmar su resistencia y/o lograr mayor mortalidad.

Se detectan, para ambas especies, diferencias significativas entre la mortalidad de las diferentes progenies. Esto coincide con lo señalado por TAPIAS et al. (2006), que también ponen de manifiesto la existencia de variabilidad intraespecífica entre individuos de una población. Estos autores señalan sin embargo, ausencia de variabilidad entre poblaciones. En nuestro trabajo no se encontraron diferencias significativas entre las progenies de diferentes subregiones de procedencia para *Q. ilex*, pero sí se detectaron en el caso de *Q. suber*, siendo las progenies de la RP Sierra Morena Occidental significativamente más tolerantes que las de Montes de Toledo y Sierra de San Pedro. En alcornoque, por tanto, podríamos decir que también existen diferencias entre poblaciones, si bien la cantidad de ejemplares muestreados de *Q. suber* fue mucho más reducida que la de *Q. ilex*, con lo que hay que interpretar este resultado con precaución.

El siguiente paso a seguir es observar la mortalidad de los brinzales ante el verano venidero, pues mucha planta superviviente no aguantará el calor (y el estrés hídrico) de un segundo período vegetativo. Las infecciones generadas por *P. cinnamomi* habrán dañado el sistema radicular

(resultados no presentados) y ese efecto se nota a largo plazo. Con la planta más vigorosa superviviente se pretende clonar *in vitro* algunos genotipos y establecerlos en campo para la creación de una población de mejora y huerto semillero. A largo plazo este material podrá ser cualificado

6. Conclusiones

Se han identificado cuatro encinas y cuatro alcornoques cuyas progenies muestran un muy bajo nivel de mortalidad ante inoculaciones artificiales de *P. cinnamomi*, y por tanto se podrían considerar tolerantes. Estos árboles y sus progenies podrían ser empleados en una estrategia de conservación de la dehesa extremeña. Se precisa ahora realizar esfuerzos hacia su propagación, tanto para lograr constatar la resistencia de este material como su difusión.

7. Agradecimientos

El trabajo realizado está siendo parcialmente financiado por FEDER a través del proyecto “Selección y mejora de encinas y alcornoques tolerantes a la *Phytophthora cinnamomi*” (RTA2014-00063-C04-04) incluido dentro del Programa Retos de la Sociedad del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación, 2013-2016 que gestiona el INIA. Agradecemos a la Universidad de Extremadura la cesión de la cepa de *P. cinnamomi* empleada para los ensayos de evaluación de resistencia.

8. Bibliografía

AROSA, M. L.; BASTOS, R.; CABRAL, J. A.; FREITAS, H.; COSTA, S. R.; SANTOS, M.; 2017. Long-term sustainability of cork oak agro-forests in the Iberian Peninsula: A model-based approach aimed at supporting the best management options for the *montado* conservation. *Ecol Modell* 343, 68-79.

BUTCHER, T.B.; STUKELY, M.J.C.; CHESTER, G.W.; 1984. Genetic variation in resistance of *Pinus radiata* to *Phytophthora cinnamomi*. *For Ecol Manag* 8, 197-220.

CAMILO-ALVES, C.S.P.; CLARA, M.I.E.; RIBEIRO, N.M.C.A.; 2013. Decline of Mediterranean oak trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. *Eur J For Res* 132, 411-432.

CAMPOS, P., RODRÍGUEZ, Y., CAPARROS, A.; 2001. Towards the Dehesa total income accounting: theory and operative Monfragüe study cases. *Invest Agr: Sist Rec For* 3, 45-69.

CORCOBADO, T.; MORENO, G.; AZUL, A.M.; SOLLA, A.; 2015. Seasonal variations of ectomycorrhizal communities in declining *Quercus ilex* forests: interactions with topography, tree health status and *Phytophthora cinnamomi* infections. *Forestry* 88, 257-266.

CORCOBADO, T.; MIRANDA-TORRES, J. J.; MARTÍN-GARCÍA, J.; JUNG, T.; SOLLA, A.; 2017. Early survival of *Quercus ilex* subspecies from different populations after infections and co-infections by multiple *Phytophthora* species. *Plant Pathol* DOI: 10.1111/ppa.12627

ESCRIBANO, M.; PULIDO, F.; 1998. La dehesa en Extremadura: estructura económica y recursos naturales. Mérida: Consejería de Agricultura y Comercio, D.L.

HÜBERLI, D.; TOMMERUP, I.C.; COLGUHOUN, I.J.; HARDY, G.E.; 2002. Evaluation of resistance to *Phytophthora cinnamomi* in seed-grown trees and clonal lines of *Eucalyptus marginata* inoculated in lateral branches and roots. *Plant Pathol* 51, 435-442.

JAYARAMAN, K.; 1999. A Statistical Manual for Forestry Research. FORSPA-FAO Publication, Bangkok.

JUNG, T; BLASCGKE, H; NEWMAN, P.; 1996. Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. *Eur J Forest Pathol* 26, 253-272.

LEÓN, I.M.; 2013. Selección de progenies de encina (*Quercus ilex* L. spp. *ballota*) y alcornoque (*Quercus suber* L.) tolerantes al patógeno *Phytophthora cinnamomi*. Universidad de Huelva, Tesis Doctoral.

MOREIRA, A.C.; FERRAZ, J.P.F. ; CLEGG, J.M.; 1997. Susceptibility of *Quercus suber* and *Q. rotundifolia* to infection with *Phytophthora cinnamomi*. Proceedings of the 10th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union. Montpellier. pp: 427-431.

NAVARRO, R.M.; ARIZA, D.; PORRAS, C.; JORGE, I.; JORRIN, J.; 2009. Evaluación de la resistencia aparente de individuos de encina a *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Bol San Veg Plagas* 35, 89-97.

OLEA, L.; SAN MIGUEL-AYANZ, A.; 2006. The Spanish Dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Sci Eur* 11, 3-13.

ORTEGO. J.; BONAL, R.; MUÑOZ, A.; 2010. Genetic consequences of habitat fragmentation in long-lived tree species: the case of the Mediterranean holm oak (*Quercus ilex* L.). *J Hered* 101, 717-726.

PEREIRA, H.; TOMÉ M.; 2004. Cork Oak Encyclopedia of Forest Sciences. Elsevier, Oxford, pp. 613-620

PLIENINGER, T., PULIDO, F.J., KONOLD, W.; 2003. Effects of land use history on size structure of holm oak stands in Spanish dehesas: implications for conservation and restoration. *Env Conserv* 30, 61-70.

ROBIN, C.; MOREL, O.; VETTRAINO, A.M.; PRELERON, C.; DIAMANDIS, S.; VANNINI, A.; 2006. Genetic variation in susceptibility to *Phytophthora cambivora* in European chesnut (*Castanea sativa* L.). *For Ecol Manag* 226, 199-207.

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

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, 477-488.

SOLLA, A.; HERNÁNDEZ, J.; CORCOBADO, T.; CUBERA, E.; 2013. Inducción de resistencia transgeneracional de *Quercus ilex* ante *Phytophthora cinnamomi*. VI Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz, Junio 2013.

TAPIAS, R.; FERNÁNDEZ, M.; SÁENZ, A.; ALCUÑA, M.M.; JOSÉ, V.; INCHUSTA, A.; MOREIRA, A.C.; CRAVADOR, A.; 2005. Variabilidad de la resistencia/tolerancia de plántulas de encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota* L.) al patógeno *Phytophthora cinnamomi* Rands. Evaluación de supervivencia y crecimiento. IV Congreso Forestal Español. Zaragoza, Septiembre 2005

TAPIAS, R.; FERNÁNDEZ, M.; MOREIRA, A.C.; SÁNCHEZ, E.; CRAVADOR, A.; 2006. Posibilidades de la variabilidad genética de encinas y alcornoques en la conservación y recuperación de bosques amenazados por la seca. *Bol Inf CIDEU* 1, 45-51.