

**POSIBILIDADES DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ENCINAS Y
ALCORNOCOS EN LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES
AMENAZADOS POR LA “SECA”**

Tapias, R*.; Fernández, M*.; Moreira, A C^a.; Sánchez, E[^].; Cravador, A^o.

* Universidad de Huelva, Departamento de Ciencias Agroforestales.

^o Universidade do Algarve, Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Faro (Portugal)

^a Instituto Nacional de Investigación Agraria. Estação Agronómica Nacional Oeiras (Portugal)

[^]Universidad de Córdoba, Unidad de Patología Agroforestal. Departamento de Agronomía.

Autor para la correspondencia: rtapias@uhu.es

Universidad de Huelva, Departamento de Ciencias Agroforestales.

Carretera de Palos de la Frontera s/n, 21819 Palos de la Frontera

Bol. Inf. CIDEU 1: 45-51 (2006)

ISSN 1885-5237

Resumen

Phytophthora cinnamomi Rands. (hongo patógeno del suelo) es el principal responsable del decaimiento de encinas y alcornoques en el Suroeste de la Península Ibérica. Este decaimiento es uno de los problemas ambientales más graves que amenaza la supervivencia y sostenibilidad, tanto ecológica como económica, de las formaciones de *Quercus* del sur peninsular. Este trabajo analiza la posibilidad del empleo de la variabilidad genética de la resistencia o tolerancia de los árboles al patógeno del suelo *P. cinnamomi*.

Summary

POSSIBILITIES OF GENETIC VARIABILITY IN HOLM AND CORK OAK FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF THREATENED FOREST BY OAK DECLINE.

Phytophthora cinnamomi Rands is the main pathogen responsible for the holm and cork oaks decline in south-western Iberian Peninsula. This decay is one of the more serious environmental problems that threatens the survival and both ecological and economic sustainability of *Quercus* forests in southern Iberian Peninsula. The present work analyses the possibilities of use of genetic variability of resistance or tolerance of trees to the pathogen *P. cinnamomi*.

El decaimiento progresivo o Seca de los *Quercus* es uno de los problemas fitosanitarios más importantes en España, Portugal y otras zonas de la cuenca del Mediterráneo, ya que compromete la estabilidad y persistencia de los encinares y los alcornoques y altera sus valores ecológicos, socioeconómicos (corcho, bellotas para cerdo ibérico...) y paisajísticos. En una primera aproximación sobre la posible etiología del problema se consideró como un caso de decaimiento, producido por la interacción de una serie de factores bióticos y/o abióticos intercambiables cuya acción ordenada sobre una planta conduce al deterioro gradual de su estado fisiológico, y a menudo termina con su muerte (Manion, 1991).



Foto1. Detalle del ensayo de resistencia tolerancia a *P. cinnamomi*. En la mesa de cultivo las encinas se encuentran a la derecha con mucha mayor mortalidad y menor desarrollo. A la izquierda está el alcornoque.

Entre los factores que se han citado como asociados al decaimiento están las sequías severas y recurrentes, encharcamientos estacionales, contaminación atmosférica, los tratamientos del arbolado y cambios de uso en las dehesas, los insectos perforadores y hongos patógenos como *Phytophthora cinnamomi*, *Biscogniauxia mediterránea* (sinónimo de *Hypoxylon mediterraneum*) y *Botryosphaeria corticola* (anamorfo *Diplodia corticola*) y la bacteria *Brenneria quercina* (Navarro *et al.*, 2004a). En la actualidad se tiende a diferenciar por zonas y a atribuir a ciertos factores concretos la principal responsabilidad en el decaimiento de cada zona en lugar de la hipótesis de

participación conjunta considerada en un principio.

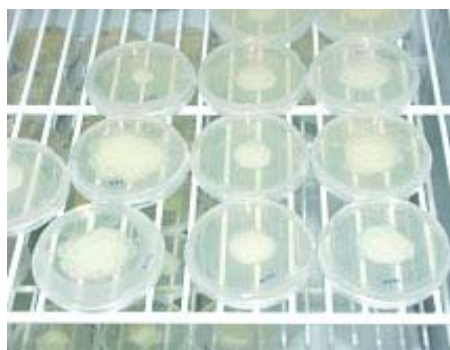


Foto 2. Placas de cultivo con *P. cinnamomi* que se añadió al sustrato con mayor nivel de infección (A)

El decaimiento de encinas y alcornoques es especialmente dramático en el suroeste de la Península Ibérica. Por ejemplo, según el Instituto de Estadística de Andalucía (2000), en la provincia de Huelva, una de las regiones más forestales de España con una superficie forestal de 776.900 ha (el 76,7% del la superficie total), dominada por formaciones de *Quercus* (166.913 ha con cierta espesura según el Segundo Inventario Forestal Nacional, 1999), no se conoce con certeza el ritmo de mortalidad de estas especies, pero para la provincia de Huelva se proponen cifras de 40.000 árboles anuales (“El Mundo de Huelva” 21/01/04 citando a fuentes de ASAJA). La envergadura de este problema obliga a tomar medidas urgentes para detener el decaimiento de los árboles existentes y recuperar la densidad en todas las superficies afectadas. Por este motivo es importante disponer de plantas adecuadas genética y fisiológicamente para la recuperación de esa superficie, así como para ser utilizadas en la reforestación de tierras agrícolas marginales al amparo de la PAC (Huelva es la provincia que más reforesta de Andalucía con 12.000 ha en la última década, en su mayoría con *Quercus*) y la recuperación de superficies perturbadas como la afectada por los grandes incendios del verano de 2004.

La mayoría de los investigadores que han estudiado la Seca en esta región están de acuerdo en atribuir al hongo del suelo *P. cinnamomi* la principal responsabilidad en la muerte y debilitamiento de las encinas y alcornoques en el Suroeste de la Península Ibérica (Huelva y Algarve portugués) (Sánchez *et al.*, 2002; 2003; Navarro *et al.*, 2004a). En esta zona, el resto de los factores mencionados en el primer párrafo se pueden considerar agentes de predisposición (sequías, manejo del suelo) o bien agentes secundarios, como los hongos de chancro (*B. mediterranea* y *Botryosphaeria* spp.) y los cerambícidos perforadores, combinado con un proceso de cambio fitoclimático trascendente que acentúa los daños producidos por *P. cinnamomi*. (Brasier *et al.*, 1993; Brasier, 1996; Moreira-Marcelino, 2001; Sánchez *et al.*, 2002, Navarro *et al.*, 2004a; Moreira y Martins, 2005).



Foto 3. Detalle de los síntomas originados por el patógeno

Phytophthora cinnamomi es un patógeno de muchas plantas leñosas que provoca importantes daños en distintas partes del planeta. Provoca la muerte masiva de las raíces absorbentes, reduciendo la capacidad del árbol para absorber agua y nutrientes. Los síntomas que se observan en la parte aérea son similares a los de la sequía, provocando en ocasiones la muerte repentina de los árboles (muerte súbita) y en otras, un decaimiento prolongado. Con

las técnicas tradicionales de detección basadas en cebos biológicos, el hongo ha sido aislado en la mayoría de las parcelas muestreadas en la provincia de Huelva (Sánchez *et al.*, 2002; 2003; Romero *et al.*, 2004).

El control de *P. cinnamomi* cuenta con el obstáculo de su amplia gama de huéspedes, y la longevidad de sus estructuras de resistencia en el suelo. Se han propuesto métodos químicos para árboles adultos (Fernández-Escobar *et al.*, 1999; Romero *et al.*, 2004), fertilización fosforada en brinzales (Navarro *et al.*, 2004b) pero se desconoce su eficacia a largo plazo. La mejora genética de la tolerancia / resistencia de las especies de *Quercus* a *P. cinnamomi* adquiere especial interés como herramienta viable a medio y largo plazo (en particular en áreas muy afectadas y que pretendan ser reforestadas), además del uso de organismos antagonistas, como las micorrizas.

La supervivencia de algunos individuos en focos severos de Seca apunta a la existencia de una importante variabilidad genética en las dos especies (encina y alcornoque) que puede ser aprovechada para la mejora. El inicio del estudio de la variabilidad genética fue el objetivo principal de un proyecto de investigación financiado por el programa INTERREG III en el que participaban las universidades de Huelva, Córdoba y Algarve (Portugal) y que finalizó en diciembre de 2004. Los resultados preliminares pusieron de manifiesto la existencia de una importante variabilidad genética (foto 1, 2 y 3) de la tolerancia / resistencia a la enfermedad, tanto interespecífica, la encina es más susceptible a la infección que el alcornoque (figura 1), (Moreira *et al.*, 1997; Sánchez *et al.*, 2002, Tapias et al 2005 a y b) como intraespecífica (figura 2 y 3) (sobretudo

entre individuos de una población más que entre poblaciones).

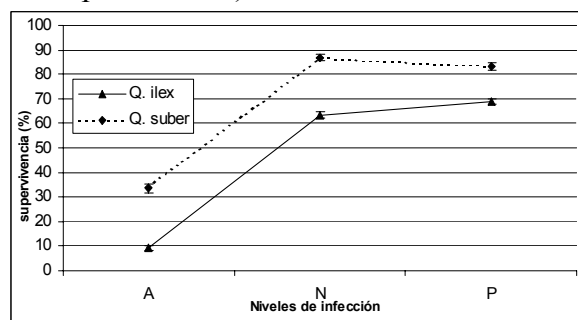


Figura 1. Supervivencia de plántulas de encina y alcornoque cultivadas en sustrato con tres niveles de infección con *Phytophthora cinnamomi*. N: suelo natural de un foco de seca, P: el mismo suelo sometido a un proceso de pasteurización parcial y A: el suelo anterior con una cantidad adicional de micelio del hongo

También se ha puesto de manifiesto la gran sensibilidad de parámetros fisiológicos para describir el progreso de la enfermedad y para detectar diferencias entre individuos. Por ejemplo, se ha comprobado que el potencial hídrico (que cuantifica el estado hídrico) de la planta detecta diferencias significativas a los 18 días de la inoculación con micelio en plantas de 1 año. El plazo es de 1 mes en parámetros de intercambio gaseoso, como transpiración y fotosíntesis (Fernández y Tapias 2005, Tapias et al 2005c).

Frente a la práctica unanimidad en señalar a *P. cinnamomi* como el principal responsable de la mortalidad de los *Quercus* en el suroeste de la Península Ibérica, los factores que hacen que su efecto sea más o menos grave son muy variados y la importancia de su contribución varía de un lugar a otro. La existencia de una densidad suficiente de inóculo es una condición necesaria pero no suficiente, depende de factores ambientales y de la mayor o menor susceptibilidad del huésped.

Dado que *P. cinnamomi* es un patógeno policíclico, las densidades puntuales de inóculo no siempre son un factor determinante. Por ejemplo, en la provincia de Huelva se ha detectado la presencia del

hongo en el suelo de todas las parcelas muestreadas en las comarcas del Litoral, Condado y Andévalo. Sin embargo, las densidades de inóculo detectadas dan como resultado estados sanitarios del arbolado muy diferentes, no totalmente relacionadas con la densidad de inóculo. El contenido de humedad del suelo (Sánchez *et al.*, 2002) y factores edáficos como escasa profundidad del suelo y texturas finas (Moreira y Martins, 2005) influyen mucho en el potencial de inóculo y determinan la severidad de la enfermedad. Tampoco están claros los mecanismos de resistencia / tolerancia de la planta.

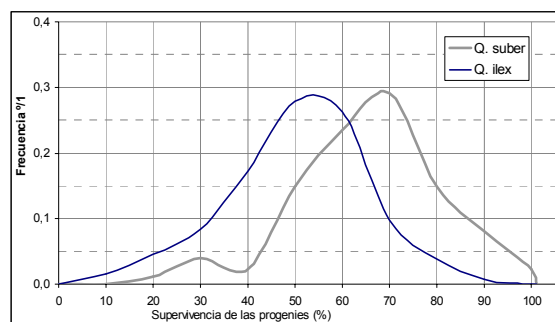


Figura 2. Distribución de la frecuencia de la supervivencia de progenies de encina y alcornoque cultivadas en sustrato con tres niveles de infección con *Phytophthora cinnamomi*. N: suelo natural de un foco de seca, P: el mismo suelo sometido a un proceso de pasteurización parcial y A: el suelo anterior con una cantidad adicional de micelio del hongo.

Prácticamente todas las especies de *Phytophthora* segregan elicinas, toxinas que inducen una respuesta de hipersensibilidad en algunas plantas. Los estudios en el patosistema *P. cinnamomi-Quercus* aún no están concluidos y no se ha podido generalizar esta relación. Las hipótesis más probables sobre los mecanismos de resistencia se centran en tres líneas: a) mecanismos generales de resistencia al estrés hídrico que permitan a la planta sobrevivir con parte del sistema radical dañado como si estuviera padeciendo una sequía severa, b) altas capacidades de regeneración de raíces y c) diferencias en la composición bioquímica de las raíces que dificulten la penetración y

colonización del hongo. Todas ellas con un control genético alto.

Por todo lo señalado en los párrafos anteriores se puede afirmar que la variabilidad genética entre individuos de una misma especie es, posiblemente, la principal causante del distinto grado de resistencia / tolerancia hacia la enfermedad. Los programas de selección y mejora son posibles gracias a esta variabilidad. El principal problema de los programas de selección y mejora de especies arbóreas forestales es el largo intervalo de tiempo necesario para completar un ciclo de mejora, por lo que es conveniente buscar procedimientos que consigan acortarlo. Por ello, la selección a edades tempranas se presenta como una herramienta importante, siempre y cuando se confirme la eficacia del método, es decir, que esa predicción sea válida para una edad futura.

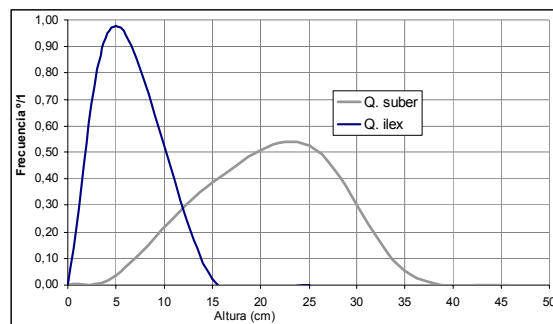


Figura 3. Distribución de la frecuencia de la altura de progenies de encina y alcornoque cultivadas en sustrato con tres niveles de infección con *Phytophthora cinnamomi*. N: suelo natural de un foco de seca, P: el mismo suelo sometido a un proceso de pasteurización parcial y A: el suelo anterior con una cantidad adicional de micelio del hongo

De cara a una **estrategia de conservación** de las superficies de encina y alcornoque a medio y largo plazo basada en la mejora genética debemos distinguir dos escenarios.

a) Localidades con presencia del patógeno pero sin condiciones edáficas y

fisiográficas desfavorables (tendencia al encharcamiento, texturas muy finas, capas impermeables a escasa profundidad), donde el proceso de decaimiento es lento, reduciendo progresivamente su densidad.

b) Superficies infestadas y con condiciones edáficas y fisiográficas desfavorables donde la densidad del arbolado ha quedado muy reducida, si no ha desaparecido completamente.

En la primera situación, la recuperación de las masas debe basarse en una estrategia conservadora, empleando plantas con alta variabilidad genética y con un buen comportamiento frente a la sequía y buena capacidad de regeneración de raíces. Además se debe complementar siempre con buenas prácticas culturales para mejorar la tolerancia de las plantas a la infección. En la segunda situación es necesario contar con plantas altamente resistentes / tolerantes aun renunciando a una alta la variabilidad genética. Estas plantas pueden proceder de propagación vegetativa de individuos que hayan resultado muy resistentes en ensayos de inoculación artificial en condiciones controladas. Esta medida debe ser acompañada de acciones previas y continuadas de control biológico para reducir la densidad del inóculo.

No obstante, dado que en las nuevas plantaciones de *Quercus* se pretende la persistencia de los árboles durante decenas de años, cualquier medida está amenazada por una posible adaptación genética del patógeno que lo convierta en más virulento y/o por un incremento de la susceptibilidad de los árboles por la infección continuada.

Referencias Bibliográficas

- Brasier, C.M. (1996). *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Ann. Sci. For.* 53: 347-358.
- Brasier, C.M., Robredo, F., Ferraz, J.F.P. (1993). Evidence for *P. cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathol.* 42: 140-145.
- Fernández-Escobar, R.; Gallego, F.J.; Benlloch, M.; Membrillo, J.; Infante, J., Pérez de Algaba, A. (1999). Treatment of oak decline using pressurized injection capsules of antifungal materials. *Eur. J. For. Path.* 29:29-38.
- Fernández M.; Tapias R. 2005. Perspectives of forest ecophysiological research in the context of Mediterranean basin. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 14:538-549
- Manion, P.D. (1991). *Tree disease concepts*. Prentice-Hall, Londres. 402 pp.
- Moreira-Marcelino, A. C. (2001). Aspectos da interacção entre *Phytophthora cinnamomi* e a doença do declínio em *Quercus suber* e *Quercus rotundifolia*. Faro, Portugal: University of Algarve, PhD thesis.
- Moreira, A.C., Ferraz, J.F.P., Clegg, J.M. (1997). Susceptibility of *Quercus suber* and *Q. rotundifolia* to infection to *Phytophthora cinnamomi*. *Proceedings del 10th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union*, Montpellier. pp: 427-431.
- Moreira, A.C., Martins, J.M.S. (2005). Influence of site factors on the impact of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak stands in Portugal *For. Path.* 35 (3): 145-162.
- Navarro, R.M., Fernández, P., Trapero, A., Caetano, P., Romero, M.A., Sánchez, M.E., Fernández, A., Sánchez, I., López, G. (2004 a). Los procesos de decaimiento de encinas y alcornoques. Dirección Gral. de Gestión del Medio Natural. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. 32 pp.
- Navarro, R.M., Gallo, L., Sánchez, M.E., Fernández, P., Trapero, A. (2004 b). Efecto de la fertilización fosfórica y la aplicación de fosfitos en la resistencia de brinzales de encina y alcornoque a *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 13: 550-558.
- Romero, M.A., Sánchez, M.E., Fernández, R., Trapero, A. (2004). Control químico de la podredumbre radical de los *Quercus*. Resúmenes del XII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Fitopatología. Lloret de Mar (Gerona).
- Sánchez, M.E., Caetano, P., Ferraz, J., Trapero, A. (2002). *Phytophthora* disease of *Quercus ilex* in south-western Spain. *For. Path.* 32:5-18.
- Sánchez, M.E., Sánchez, J.E., Navarro, R.M., Fernández, P., Trapero, A. (2003). Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de *Quercus* en Andalucía. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 29: 87-108.
- Tapias R., Fernández M, Sáenz A, Alcuña M.M., José V, Inchusta A., Moreira A.C. y Cravador A. 2005^a. 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 2004

- Tapias, R. Moreira, A.C. Cravador, A. Fernández, M. Alcuña, M. Saenz, A. Domingos, A.C. Melo, E. 2005b. Variability of tolerance / resistance of *Quercus suber* L. seedlings to *Phytophthora cinnamomi* Rands. Survival and growth evaluation. SUBERWOOD2005 Conference. New challenges for integration of cork oak forests and products. Huelva, 20-22 October 2005
- Tapias, R. Fernandez,M. Salvador,L. Santana, R. García,J. Alcuña, M.M. José,V. Inchusta, A. Vázquez,J. Torres, E. Cravador, A. 2005c. Physiological effect of *Phytophthora cinnamomi* infestations in *Quercus suber* seedlings. SUBERWOOD2005 Conference. New challenges for integration of cork oak forests and products. Huelva, 20-22 October 2005