

## La tremosilla (*Lupinus luteus*): un nuevo huésped de *Phytophthora cinnamomi* en las dehesas de Andalucía occidental

M. S. SERRANO, P. FERNANDEZ REBOLLO, M. D. CARBONERO, A. TRAPERO, M. E. SANCHEZ

*Phytophthora cinnamomi* es un patógeno agresivo que causa podredumbre radical, marchitez y muerte de *Lupinus luteus* (altramuz amarillo, tremosilla) en dehesas de Andalucía occidental. Este oomiceto, principal responsable de la podredumbre radical de los *Quercus* en Andalucía, ha sido aislado de raíces de plantas de altramuz sintomáticas en todas las dehesas prospectadas. Las inoculaciones artificiales en distintas variedades de altramuz amarillo han reproducido los síntomas de la enfermedad, tanto en fase de pre-emergencia como de post-emergencia, habiéndose reaislado el patógeno de las raíces necróticas. La susceptibilidad del altramuz amarillo a la infección radical por *P. cinnamomi* ha resultado muy alta, incluso mayor que la exhibida por el altramuz azul (*Lupinus angustifolius*), si bien no se han observado diferencias significativas entre las distintas variedades de *L. luteus* ensayadas. Estos resultados sugieren que se debe reconsiderar el cultivo de la tremosilla en dehesas afectadas por el decaimiento de los *Quercus* causado por *P. cinnamomi*. Este trabajo constituye la primera descripción de *P. cinnamomi* como patógeno radical del altramuz amarillo.

M. S. SERRANO, P. FERNANDEZ REBOLLO, M. D. CARBONERO. Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba.

A. TRAPERO, M. E. SANCHEZ. Departamento de Agronomía, Patología Agroforestal, Universidad de Córdoba. Dirección de correo electrónico: aglsahem@uco.es.

**Palabras clave:** Decaimiento, encina, podredumbre radical, seca de *Quercus*.

### INTRODUCCIÓN

*Lupinus luteus* L. es una leguminosa anual de regiones templadas y cálidas, con altos racimos terminales de flores de color amarillo, característica por la cual la planta recibe el nombre de altramuz amarillo. En Portugal y Andalucía occidental también se denomina “tremosilla”. Existen unas 300 especies dentro del género *Lupinus*, siendo las más cultivadas el altramuz blanco (*L. albus* L.), el altramuz amarillo (*L. luteus*), y el azul o de hoja estrecha (*L. angustifolius* L.), constituyendo un cultivo comercial de importancia no sólo en la cuenca mediterránea (LÓPEZ BELLIDO y FUENTES, 1990), sino

también en Australia (VAN BARNEVELD, 1999). En Andalucía, el cultivo del altramuz, esencialmente altramuz amarillo, se concentra principalmente en las dehesas de la provincia de Huelva (MAPA, 2006), utilizándose para alimentación animal, como cultivo mejorante del cereal y los pastos, para controlar la invasión de matorrales, y como abono verde en repoblaciones forestales (FERNÁNDEZ-REBOLLO *et al.*, 2008).

Desde principios de los años 90 se está produciendo un severo decaimiento de los *Quercus* mediterráneos en España y Portugal, que está originando elevadas cifras de mortalidad en encinas y alcornoques en las dehesas (NAVARRO *et al.*, 2004; SÁNCHEZ *et*



Figura 1. Rodal de altramuz amarillo mostrando síntomas de marchitez en una dehesa afectada por la podredumbre radical de los *Quercus*.

*al.*, 2006; ROMERO *et al.*, 2007a). La podredumbre radical causada por el patógeno de suelo *Phytophthora cinnamomi* Rands ha resultado la principal causa del decaimiento y muerte de los *Quercus* en el sur de la Península Ibérica (BRASIER 1996; GALLEGO *et al.*, 1999; SÁNCHEZ *et al.*, 2000; SÁNCHEZ *et al.*, 2006), y más especialmente en la zona occidental de Andalucía, donde está produciendo la muerte de miles de árboles cada año (SÁNCHEZ *et al.*, 2006; ROMERO *et al.*, 2007a), junto con una caída significativa en la producción de bellota y corcho en árboles enfermos. *Phytophthora cinnamomi* presenta una amplia gama de huéspedes leñosos, pero en general no infecta especies herbáceas (ERWIN y RIBEIRO, 1996). No obstante, algunas especies del género *Lupinus*, como *L. albus* y *L. angustifolius* son la excepción (KIRBY y GRAND, 1975; ERWIN y RIBEIRO,

1996). Sin embargo, no se ha encontrado ninguna referencia sobre la susceptibilidad de *L. luteus* a este patógeno.

El altramuz amarillo se cultiva en algunas dehesas con presencia constatada de este patógeno (ROMERO *et al.*, 2007b), habiéndose observado la presencia de rodales de altramuces marchitos en dehesas afectadas por la podredumbre radical de los *Quercus* (Figura 1) o en oquedales formados tras la muerte del arbolado por la acción de este patógeno (Figura 2). Con estos antecedentes, el objetivo principal de este trabajo ha sido evaluar la susceptibilidad del *L. luteus* frente a *P. cinnamomi*, para conocer si este oomiceto es responsable de la podredumbre radical y marchitez del altramuz amarillo observada en campo. Se discute además el posible papel que este cultivo herbáceo podría jugar en el agravamiento de la podredumbre radi-



Figura 2. Rodal de altramuz amarillo mostrando síntomas de marchitez y muerte de plantas en un oquedal formado tras la muerte del arbolado por la acción de *P. cinnamomi*.

cal causada por el patógeno en encinas y alcornoques.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Prospecciones de campo y toma de muestras

Las prospecciones se realizaron en la primavera de 2007 en cuatro dehesas de encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) situadas en la comarca del Andévalo (Huelva). En tres de ellas (“El Bugo”, “El Coto” y “Los Ruedos”) se conocía la presencia de *P. cinnamomi* como agente causal de la podredumbre radical que afecta a las encinas (ROMERO *et al.*, 2007b), mientras que la cuarta finca prospectada, “Los Llanos”, es una repoblación de 10 años de edad, en la que las encinas jóvenes no mostraban ningún síntoma de enfermedad radical. En todos los casos se había sembrado altramuz

amarillo en 2006-2007 para ser consumido directamente por el ganado. En cada una de estas fincas se seleccionó un foco de altramuz sintomático para su evaluación y muestreo. En las fincas “El Bugo” y “El Coto”, los focos de plantas de altramuz se encontraban situados en focos de encinas afectadas por podredumbre radical. En la dehesa “Los Ruedos” las muestras se tomaron en un gran foco de altramuces sintomáticos situado en un oquedal del arbolado generado por la muerte de las encinas afectadas por la podredumbre radical que causa *P. cinnamomi* (ROMERO *et al.*, 2007b). En la finca “Los Llanos” se localizó un foco de altramuz sintomático situado en una vaguada, en el que las plantas mostraban flacidez y amarillez foliar, aunque en este caso el arbolado se mostraba asintomático.

En los focos seleccionados (uno por finca) se delimitó una parcela de 10 x 10 m<sup>2</sup>



haciendo coincidir su centro con el centro del foco, y en su diagonal se marcaron 10 subparcelas de 1 m<sup>2</sup>. Las subparcelas se numeraron del 1 al 10, según la distancia al centro del foco de enfermedad, realizándose en cada una de ellas la evaluación de la severidad de síntomas mostrada por las plantas de altramuz y la toma de muestras de raíz. Para la evaluación de los síntomas se utilizó la siguiente escala: 0 = parte aérea asintomática, 1 (síntomas leves) = < 40 % de planta sintomática (flaccidez y/o marchitez), 2 (síntomas graves) = 41–90 %, 3 = planta muerta y 4 = falta de emergencia. Se evaluó el número de plantas que mostraban cada una de las categorías de severidad en cada subparcela, utilizando la media ponderada como valor representativo de la severidad de síntomas para cada una de ellas.

Para la toma de muestras, se eligieron raíces de 10 plantas de altramuz pertenecientes a la categoría predominante en cada subparcela, en cada uno de los focos.

Las muestras de raíz procedentes de cada subparcela fueron tratadas separadamente. Las raicillas sintomáticas se lavaron al chorro de agua durante 2 h y se sembraron segmentos de raíz en el medio selectivo PARPH (CMA (Cornmeal-Agar)-Pimaricina-Ampicilina-Rifampicina-Pentacloronitrobenzeno-Himexazol) (JEFFERS y MARTIN, 1986) modificado, sustituyendo la Pimaricina por Nistatina a la misma concentración (NARPH) (ROMERO *et al.*, 2007b).

### Identificación y caracterización de aislados

Las colonias fúngicas obtenidas se agruparon en función de su morfología, procediéndose a la obtención de cultivos puros en placas de extracto de zanahoria-agar (CA) (DHINGRA y SINCLAIR, 1995). La identificación de las colonias se realizó en base a las observaciones realizadas directamente utilizando un microscopio invertido, o sobre montajes microscópicos teñidos de los aislados incubados en medio CA a 24° C durante 4-6 días. Los montajes se tiñeron con fucsina ácida en lactofenol para la observación

más detallada de estructuras vegetativas y/o reproductivas características de la especie *P. cinnamomi* (ERWIN y RIBEIRO, 1996).

### Ensayos de inoculación artificial Obtención del material vegetal

Se ha evaluado la susceptibilidad a *P. cinnamomi* de cuatro cultivares de altramuz amarillo: *Lupinus luteus* cvs. Cardiga, Juno, Nacional y Paris, incluyéndose también en los ensayos *L. angustifolius*, especie huésped de *P. cinnamomi* (KIRBY y GRAND, 1975; Erwin y Ribeiro, 1996). Se realizaron ensayos en fase de pre y post-emergencia. En ambos casos, el material vegetal procedía de semillas suministradas por Fertiprado (*L. luteus*) y Semillas Silvestres SL (*L. angustifolius*). Para favorecer y sincronizar la germinación de las semillas, se les practicó una pequeña incisión en la cubierta seminal y seguidamente se incubaron en cámara húmeda (100 % de humedad relativa) con 12 h luz/día, y a una temperatura constante de 22° C, (CAETANO, 2007). Al cabo de 3 días, tras la emergencia de la radícula, estas semillas pregerminadas se utilizaron en los ensayos de patogenicidad en preemergencia.

Para los ensayos en post-emergencia, las semillas pregerminadas de la forma ya descrita, se sembraron en bandejas de plástico sobre sustrato de vermiculita húmedo, manteniendo unas condiciones de temperatura e iluminación similares a las de la fase de germinación durante 10 días adicionales.

### Ensayos de patogenicidad en pre-emergencia

En los ensayos en pre-emergencia se ha evaluado la capacidad de los distintos cultivares de *L. luteus* y del altramuz azul para establecerse en presencia del patógeno. Las semillas, una vez pregerminadas, se llevaron a bandejas de plástico conteniendo cada una 8 l de sustrato de turba-arena (1:1) infestado con concentraciones conocidas de clamidosporas de *P. cinnamomi*. Para infestar el sustrato se utilizó el aislado PE90 procedente de raíz de encina (SÁNCHEZ *et al.*, 2003) y conservado





Figura 3. Bandejas con plantas de *L. luteus* cv Paris creciendo en sustrato libre de patógenos (izda.) y en sustrato infestado por *P. cinnamomi* (dcha.).

en la micoteca del Departamento de Agronomía (grupo de Patología Forestal) de la Universidad de Córdoba. El micelio se cultivó durante 30 días en medio líquido de extracto de zanahoria, en condiciones de total oscuridad y a una temperatura de 25° C. Transcurrido este periodo, se preparó una suspensión acuosa de clamidosporas lavando con agua estéril el material fúngico obtenido y posteriormente batiéndolo también en agua estéril. Se realizó un conteo de clamidosporas en cámara Neubauer y la suspensión obtenida se ajustó a  $2 \times 10^4$  clamidosporas/ml. El inóculo obtenido se mezcló con el sustrato de cada bandeja (100 ml/l de suelo). Para cada cultivar de *L. luteus*, así como para el *L. angustifolius*, se prepararon tres bandejas (repeticiones) con 20 semillas pregerminadas en cada una y sus correspondientes testigos sembrados en sustrato no infestado. El ensayo transcurrió en cámara de crecimiento con 12 h luz/día y 20-24° C, regando cada 2 días. Con esta misma periodicidad se fue evaluando la emergencia de plántulas a partir de las semillas pregermi-

nadas y la mortalidad de las plántulas emergidas.

### Ensayos de patogenicidad en post-emergencia

En los ensayos en post-emergencia se evaluó la susceptibilidad a la infección de los mismos cuatro cultivares de altramus amarillo mediante el cultivo de plantas en sustrato infestado con el hongo. Después de 10 días de cultivo en vermiculita húmeda, las plantas obtenidas de cada cultivar fueron trasplantadas a bandejas de plástico con 8 l de sustrato de turba-arena (1:1) infestado con clamidosporas del aislado PE-90 de *P. cinnamomi* (SÁNCHEZ *et al.*, 2003) en la misma concentración que en los ensayos en pre-emergencia. El proceso seguido para la preparación del inóculo y la infestación del sustrato fue similar al descrito en el apartado previo. De igual forma, también se incluyeron plantas de altramus azul como control positivo. Para cada cultivar de altramus se prepararon tres bandejas (repeticiones) con sustrato infesta-



Figura 4. Escala de severidad de síntomas utilizada para evaluar la patogenicidad de *P. cinnamomi* en altramuz: 0 (asintomático) = parte aérea o raíz sanas y bien desarrolladas, 1 (síntomas leves) = 10-25% tejido sintomático (necrosis o falta de desarrollo), 2 (síntomas moderados) = 26-50%, 3 (síntomas graves) = 51-99 %, 4 = parte aérea o raíz muerta.

do, colocándose 20 plantas por bandeja, más los correspondientes testigos creciendo en sustrato no infestado (Figura 3). Durante el ensayo (25 días) las plantas se mantuvieron en cámara de cultivo con 12 h luz/día y 24-26° C, manteniendo el sustrato húmedo mediante riegos repetidos, evaluándose de forma periódica su mortalidad. Al final del ensayo se evaluó la severidad de los síntomas en la parte aérea y radical mediante una escala 0-4: 0 (asintomático) = parte aérea o raíz sanas y bien desarrolladas, 1 (síntomas leves) = 10-25% tejido sintomático (necrosis o falta de desarrollo), 2 (síntomas moderados) = 26-50%, 3 (síntomas graves) = 51-99 %, 4 = (parte aérea o raíz muerta) (Figura 4) (SÁNCHEZ *et al.*, 2000; 2004). La evaluación de los síntomas se realizó cuando la planta se encontraba en estado vegetativo con una edad de 35 días, habiendo estado expuesta a la infección fúngica durante 25 días. Por último, se tomaron muestras de raicillas absorbentes y se sembraron en placas de Petri con el medio selectivo NARPH (ROMERO *et al.*, 2007b) para reaislar el patógeno.

### Análisis estadísticos

La mortalidad de las semillas pregerminadas, la severidad de síntomas en la parte aérea y en la parte radical y la mortalidad de plantas, se analizó mediante un ANOVA considerando como factor la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato de cultivo, el cultivar o especie de altramuz y la interacción entre ambos factores. Para la comparación de valores medios se utilizó el test protegido de Fisher al nivel de probabilidad del 0,05 (STEEL y TORRIE, 1985). Los datos se analizaron mediante el programa Statistix (Analytical Software, Tallahassee, USA).

## RESULTADOS

### Sintomatología

Los síntomas aéreos observados en los focos de altramuces enfermos consistieron en reducción del crecimiento, flacidez y amarillez foliar y por último marchitez de toda la planta. La extracción de las plantas sintomáticas mostró la escasez de raicillas absorbentes según eran los síntomas aéreos



Figura 5. Síntomas radicales observados en campo: necrosis extensas (podredumbre) y escasez de raicillas absorbentes.

más intensos, con necrosis extensas (podredumbre) en las raíces existentes (Figura 5). En general, la severidad de sín-

tomias aéreas fue disminuyendo desde el centro del foco hacia el perímetro exterior (Figura 6).

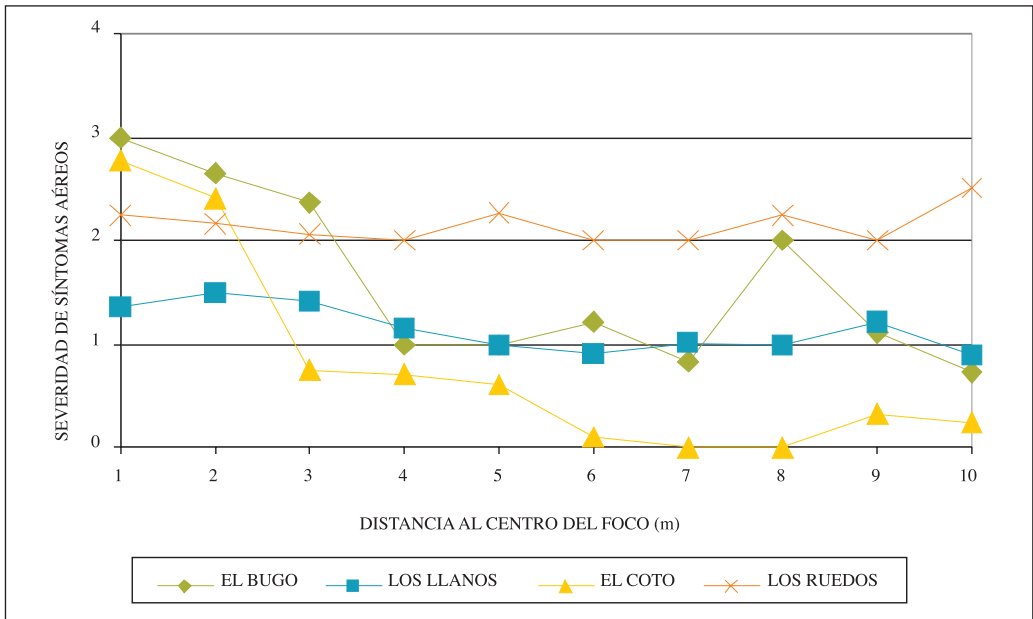


Figura 6. Variación de la severidad media de síntomas aéreos en las plantas de altramuz evaluadas a lo largo de la distancia al centro del foco en las cuatro fincas muestreadas.



### Aislamiento de *P. cinnamomi*

A partir de las muestras de raíz se obtuvo de forma consistente un único tipo morfológico de colonia, aunque esporádicamente aparecieron algunas colonias aisladas del género *Pythium*. A los 4 días de crecimiento a 20° C en el medio CA, los aislados obtenidos formaron colonias de color blanco, con abundante micelio aéreo algodonoso y crecimiento uniforme o ligeramente petaloide. En las observaciones realizadas con el microscopio invertido, todos los aislados presentaron un micelio cenocítico con ramificaciones botriosas. Las observaciones microscópicas en montajes teñidos mostraron la presencia de micelio botrioso con hinchazones hifales grandes, esféricas, terminales e intercalares, simples y en racimo, y clamidosporas. Estas características son típicas de la especie *P. cinnamomi* (ERWIN y RIBEIRO, 1996; SÁNCHEZ *et al.*, 2006).

En ningún caso se aisló de raíces de altramuz la especie *Py. spiculum*, otro patógeno de raíz de encinas frecuente en dehesas de Andalucía occidental (ROMERO *et al.*,

2007b). El Cuadro 1 muestra el porcentaje de aislamiento de *P. cinnamomi* a partir de muestras de raíz de altramuz para cada una de las fincas.

### Ensayos de patogenicidad

La Figura 7 muestra los resultados obtenidos en la emergencia y establecimiento de plántulas a partir de las semillas pregerminadas. El porcentaje de emergencia y establecimiento es significativamente menor en sustrato infestado con respecto al sustrato no infestado para todos los cultivares y para las 2 especies de altramuz. La emergencia del cultivar Paris en sustrato infestado es significativamente mayor que para los cultivares Juno, Cardiga y Nacional. Sin embargo, en sustrato libre del hongo, los cultivares Paris y Cardiga alcanzaron porcentajes de emergencia mayores que Juno y Nacional. No obstante, estas diferencias no resultaron en ningún caso estadísticamente significativas, no difiriendo tampoco de los valores de emergencia registrados por el *L. angustifolius* (Figura 7).

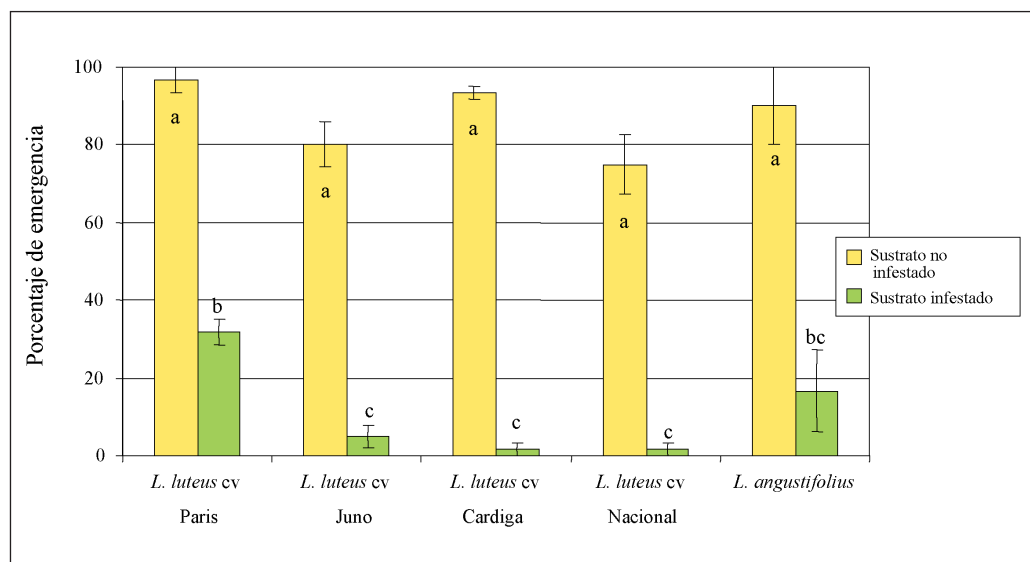


Figura 7. Porcentaje de emergencia de plántulas a partir de semillas pregerminadas de *L. luteus* y *L. angustifolius* en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato. Letras distintas indican diferencias significativas según el test protegido de Fisher para  $P < 0,05$ .

Cuadro 1. Aislamiento de *P. cinnamomi* a partir de las raíces necróticas de plantas de altramuz amarillo afectadas de podredumbre radical.

Fincas	Porcentaje de subparcelas con aislamiento positivo de <i>P. cinnamomi</i>	Porcentaje de recuperación de <i>P. cinnamomi</i> en subparcelas con aislamiento positivo*
Los Llanos de la Peña	30	6,5
El Bugo	70	7,2
El Coto	100	18,2
Los Ruedos de Santa Bárbara	20	2,8

\*Porcentaje expresado como nº de trocitos de raíz que dieron lugar a una colonia sobre el nº total de trocitos de raíz colocados en medio selectivo (NARPH).

La severidad de los síntomas evaluados en la parte aérea y en la raíz de las plantas en los ensayos en post-emergencia se presenta en las Figuras 8 y 9. Los síntomas en la parte aérea de las plantas trasplantadas a sustrato infestado con *P. cinnamomi* consistieron en falta de crecimiento, amarillez, desecación y muerte (Figura 4). Esta sintomatología no se observó en los individuos que crecían en sustrato libre del hongo, aunque puntualmente se constató la presencia de hojas parcialmente amarillas o marchitas en plantas testigo, debido quizá a que las condiciones de culti-

vo no eran las más adecuadas para la especie (poco volumen de suelo permanentemente húmedo), aunque no se contabilizó mortalidad alguna en las bandejas testigo.

Los valores medios de severidad de síntomas en la parte aérea (Figura 8) fueron significativamente mayores que los de los testigos para todos los cultivares de altramuz amarillo y para el altramuz azul, registrándose valores medios de severidad de 1,4 cuando los individuos de *Lupinus* spp. crecieron en ausencia del patógeno, y de 3,4 cuando está presente *P. cinnamomi* en el sustrato.

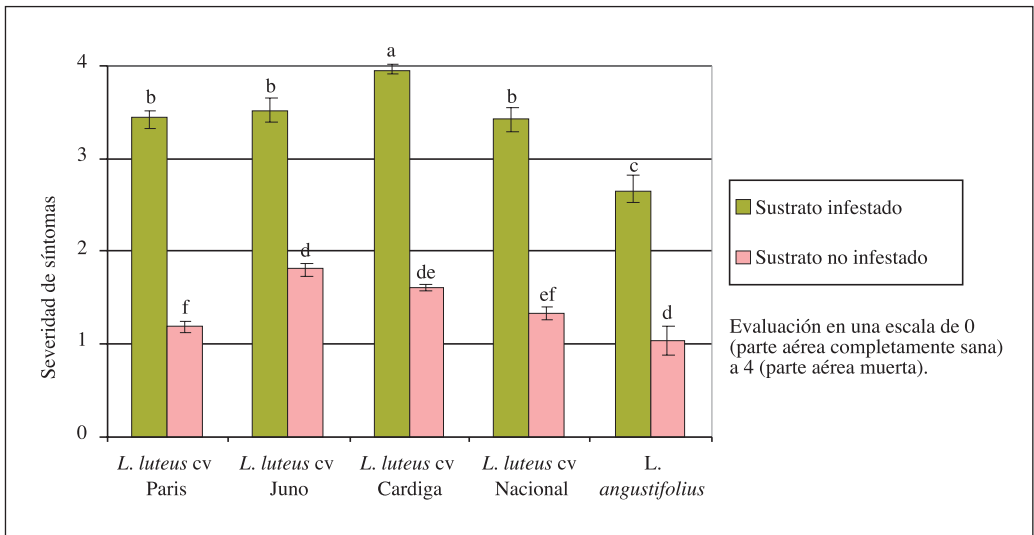


Figura 8. Valores medios y error estándar de la severidad de síntomas en la parte aérea de *L. luteus* y de *L. angustifolius* en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato. Letras distintas indican diferencias significativas según el test protegido de Fisher para  $P < 0,05$ .

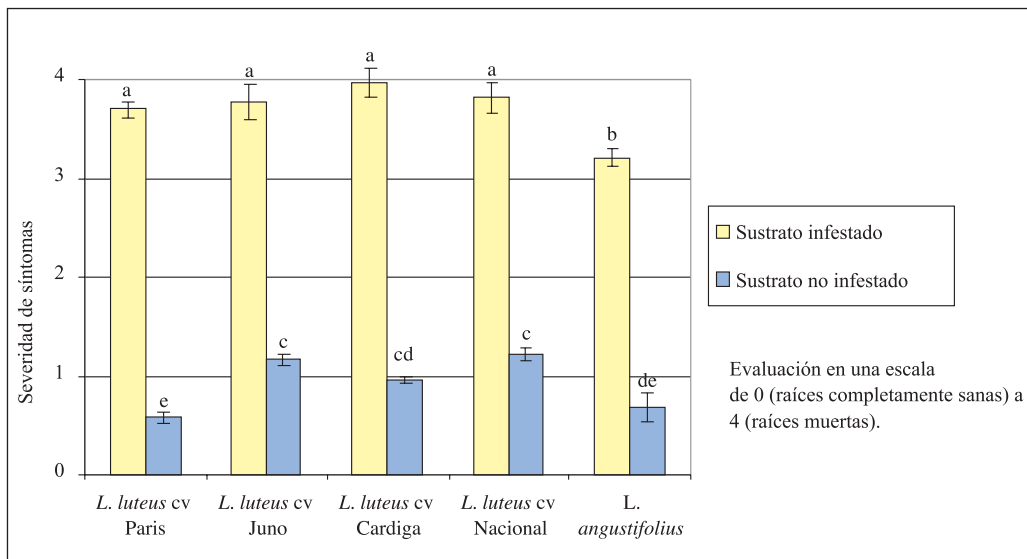


Figura 9. Valores medios y error estándar de la severidad de síntomas en la parte radical de *L. luteus* y de *L. angustifolius* en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato. Letras distintas indican diferencias significativas según el test protegido de Fisher para  $P < 0,05$ .

Aunque la severidad de los síntomas aéreos causados por *P. cinnamomi* es alta en todos los cultivares, destaca el cv Cardiga, con valores cercanos a 4. La severidad de síntomas aéreos más baja se observó en el altramuz azul, que difirió significativamente con respecto a los cultivares de altramuz amarillo (Figura 8).

En la raíz, los síntomas observados en los individuos que al final del ensayo se mantenían vivos en el sustrato infestado, consistieron en podredumbre y/o ausencia de raicillas absorbentes. Sus sistemas radicales presentaban menor longitud, un volumen muy reducido, y escasas raíces finas absorbentes en comparación con los individuos que crecieron en sustrato libre del patógeno (Figura 4). El valor medio de severidad de síntomas radicales (Figura 9) en plantas infectadas fue de 3,7, significativamente más elevado que la severidad media de las plantas testigo, que alcanzó un valor de 0,9.

La mortalidad registrada a lo largo del tiempo en los individuos que vegetaban sobre sustrato infestado con *P. cinnamomi* se presen-

ta en la Figura 10. A los 22 días del trasplante a suelo se observa ya una mortalidad de individuos de los distintos cultivares de *L. luteus* de alrededor del 20%, alcanzando al finalizar el ensayo valores superiores al 80% en todos los cultivares ensayados. La mortalidad observada en altramuz azul fue significativamente más baja (10% de los individuos al final del experimento, Figura 10) que en los cultivares de altramuz amarillo, que no mostraron diferencias significativas entre sí.

El patógeno inoculado, *P. cinnamomi*, se aisló de todas las muestras de raicillas absorbentes procedentes de plantas que crecieron en sustrato infestado y permanecían vivas al final de la experiencia, no habiéndose aislado el patógeno en ningún caso a partir de raicillas de plantas testigo.

## DISCUSIÓN

El aislamiento de *P. cinnamomi* a partir de raíces sintomáticas de altramuz amarillo ha resultado positivo en las cuatro fincas estudiadas. Si bien los porcentajes de aislamien-



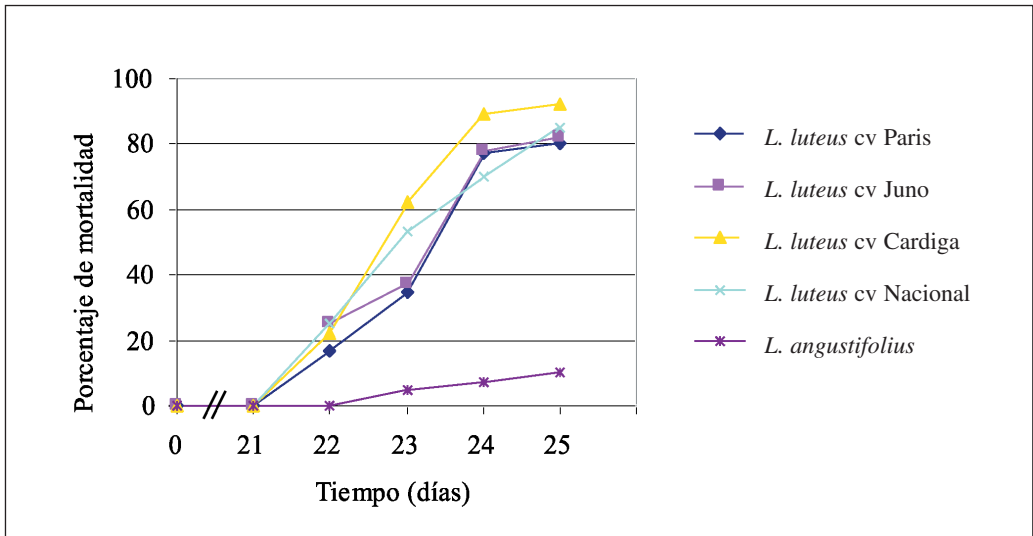


Figura 10. Porcentaje de mortalidad de plántulas de *L. luteus* y de *L. angustifolius* creciendo en sustrato infestado con *P. cinnamomi* durante el transcurso del ensayo.

to obtenidos no son muy altos, esta situación es habitual en este tipo de patógenos, y especialmente en el caso de *P. cinnamomi* (BRASSIER 1996; SÁNCHEZ *et al.*, 2004).

Además se han cumplimentado los postulados de Koch para el patosistema *L. luteus*-*P. cinnamomi*. La patogenicidad de *P. cinnamomi* se demostró en cada uno de los experimentos de inoculación artificial realizados, en los cuales se reprodujeron los síntomas observados en campo y se reaisló el patógeno a partir de las raíces sintomáticas. *Phytophthora cinnamomi* ha resultado un patógeno agresivo que causa marchitez y muerte en distintos cultivares de *L. luteus* tanto en fase de pre como de post-emergencia. Aunque se corroboró que la susceptibilidad del altramuz azul a la infección radical por *P. cinnamomi* es muy alta, se detectaron diferencias en susceptibilidad entre especies de *Lupinus* (*L. luteus* vs *L. angustifolius*) pero no entre cultivares de *L. luteus*, si atendemos a los síntomas primarios de la enfermedad (síntomas radicales). Este comportamiento de *P. cinnamomi* como patógeno virulento no especifi-

co de huésped ha sido observado frecuentemente, no sólo en el género *Lupinus* (KIRBY y GRAND, 1975) sino también en especies arbóreas de los géneros *Quercus* (SÁNCHEZ *et al.*, 2000; BALCI y HALMSCHLAGER, 2003; BERGOT *et al.*, 2004; BALCI *et al.*, 2007), *Pinus* (KIRBY y GRAND, 1975; BUMBIERIS, 1981; LINDE *et al.*, 1994; CHAVARRIAGA *et al.*, 2007), *Eucalyptus* (MALAJCZUK *et al.*, 1977; DAWSON y WESTE, 1984; LINDE *et al.*, 1994), etc.

La presencia en el suelo de estructuras de resistencia de *P. cinnamomi* (clamidosporas) procedentes de las raíces muertas de encinas y alcornoques infectados (ROMERO *et al.*, 2007b) puede servir de inóculo inicial para la infección del altramuz. A su vez, la infección de las plantas de altramuz daría lugar a la producción de nuevas clamidosporas que podrían multiplicar la densidad de inóculo de *P. cinnamomi* en los suelos de dehesas en las que se cultiva esta herbácea. Por otra parte, la susceptibilidad de la tremosilla a la infección radical por *P. cinnamomi*, ha resultado incluso más alta que la exhibida por el altramuz azul, utilizado en los ensayos como

planta de referencia por su elevada susceptibilidad al patógeno (KIRBY y GRAND, 1975; ERWIN y RIBEIRO, 1996). Los resultados obtenidos sugieren que se debe replantear la utilización de esta leguminosa en dehesas afectadas por el decaimiento de los *Quercus*, que presentan altas densidades de inóculo de *P. cinnamomi* en el suelo.

Por otra parte, este trabajo constituye la primera descripción de *P. cinnamomi* como patógeno radical del altramuz amarillo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la ayuda prestada por P de Vita, R Pérez-Blanco y MA Romero, becarios del Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba. El trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación AGL2005-07151-C02-01 y por un convenio suscrito entre la Universidad de Córdoba y la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía.

## ABSTRACT

SERRANO, M. S., P. FERNANDEZ REBOLLO, M. D. CARBONERO, A. TRAPERO, M. E. SANCHEZ. 2009. Yellow lupine (*Lupinus luteus*): a new host of *Phytophthora cinnamomi* in oak grasslands from south-western Spain. *Bol. San. Veg. Plagas*, **35**: 75-87.

*Phytophthora cinnamomi* is a high aggressive pathogen causing root rot, wilting and death of *Lupinus luteus* (yellow lupine) in oak grasslands from south-western Spain. This oomycete, main cause of *Quercus* root rot in the same region, has been isolated from roots of symptomatic lupines in every surveyed grasslands. Artificial inoculations in different lupine varieties reproduced disease symptoms, both in pre- and post-emergency. The pathogen was also reisolated from necrotic roots. Susceptibility of yellow lupine to root infection by *P. cinnamomi* resulted even higher than shown by blue lupine (*Lupinus angustifolius*). However, there were not significant differences in susceptibility among the essayed varieties of yellow lupine. The results obtained suggest that the culture of yellow lupine in oak grasslands affected by *Quercus* root disease caused by *P. cinnamomi*. This work is the first description of *P. cinnamomi* as root pathogen of yellow lupine.

**Key words:** Decline, holm oak, root rot, *Quercus* death.

## REFERENCIAS

- BALÇI, Y., HALMSCHLAGER E. 2003. *Phytophthora* species in oak ecosystems in Turkey and their association with declining oak trees. *Plant Pathol.* **52**: 694-702.
- BALÇI, Y., BALÇI, S., EGGERS, J., MACDONALD, W.L., JUZWIK, J., LONG, R.P., GOTTSCHALK, K.W. 2007. *Phytophthora* spp. associated with forest soils in Eastern and North-Central U.S. oak ecosystems. *Plant Dis.* **91**: 705-710.
- BERGOT, M., CLOPPET, E., PERARNAUD, V., DÉQUÉ, M., MARÇAIS, B., DESPREZ-LOUSTAU, M.L. 2004. Simulation of potential range expansion of oak disease caused by *Phytophthora cinnamomi* under climate change. *Global Change Biol.* **10**: 1539-1552.
- BRASIER, C.M. 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Ann. Sci. For.* **53**: 347-358.
- BUMBIERIS, M. 1981. Association of *Phytophthora cinnamomi* with *Pinus radiata* in South-Australia. *Aust. J. Bot.* **29**: 11-15.
- CAETANO, P.C.L. 2007. Envolvimento de *Phytophthora cinnamomi* no declínio de *Quercus suber* e *Q. rotundifolia*: estudo da influência de factores bióticos e abióticos na progressão da doença. Possibilidades de controlo químico do declínio. Tesis Doctoral. Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Universidade do Algarve. Faro, Portugal.
- CHAVARRIAGA, D., BODLES, W.J.A., LEIFERT, C., BELBAHRI, L., WOODWARD, S. 2007. *Phytophthora cinnamomi* and other fine root pathogens in north temperate pine forests. *FEMS Microbiol. Lett.* **276**: 67-74.
- DHINGRA, O.D., SINCLAIR, J.B. 1995. Basic plant pathology methods. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- DAWSON, P., WESTE, G. 1984. Impact of root infection by *Phytophthora cinnamomi* on the water relations of two *Eucalyptus* species that differ in susceptibility. *Phytopathology* **74**: 486-490.
- ERWIN, D.C., RIBEIRO, O.K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. APS Press, St. Paul, MN.

- FERNÁNDEZ, P., SERRANO, M.S., DE VITA, P., CARBONERO, M.D., SÁNCHEZ, M.E. 2008. Pathogenicity of *Phytophthora cinnamomi* on *Lupinus luteus* growing in Mediterranean *Quercus* grasslands. *J. Plant Pathol.* **90** (2, Supp.): 177-178.
- GALLEGO, F.J., DE ALGABA, A.P., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. 1999. Etiology of oak decline in Spain. *Eur. J. For. Path.* **29**: 17-27.
- JEFFERS, N.S., MARTIN, J.B. 1986. Comparison of two media selective for *Phytophthora* and *Pythium* species. *Plant Dis.* **70**: 1038-1043.
- KIRBY, H.W., GRAND, L.F. 1975. Susceptibility of *Pinus strobus* and *Lupinus* spp. to *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* **65**: 693-695.
- LINDE, C., KEMP, G.H.J., WINGFIELD, M.J. 1994. *Pythium* and *Phytophthora* species associated with eucalypts and pines in South-Africa. *Eur. J. For. Path.* **24**: 345-356.
- LÓPEZ BELLIDO, L., FUENTES, M.L. 1990. Growth, yield, and yield components of Lupin cultivars. *Agronomy Journal* **82**: 1050-1056.
- MALAJCZUK, N., MCCOMB, A.J., PARKER, C.A. 1977. Infection by *Phytophthora cinnamomi* of roots of *Eucalyptus calophylla* and *Eucalyptus marginata*. *Aust. J. Bot.* **25**: 483-500.
- MAPA, 2006. Estadísticas agrarias, <http://www.mapya.es>
- NAVARRO, R.M., FERNÁNDEZ REBOLLO, P., TRAPER, A., CAETANO, P., ROMERO, M.A., SÁNCHEZ, M.E., FERNÁNDEZ, A., SÁNCHEZ, I., LÓPEZ, G. 2004. *Los procesos de decaimiento de encinas y alcornoques*. Dirección Gral. de Gestión del Medio Natural. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla.
- ROMERO, R., NAVARRO, R.M., GARCÍA-FERRER A. 2007a. Aplicación de ortofotos para la estimación de pérdida de individuos en dehesas de encina (*Quercus ilex* L. subs. *ballota* (Desf.) Samp.) afectadas por procesos de decaimiento. *Bol. San. Veg. Plagas* **33**: 121-137.
- ROMERO, M.A., SÁNCHEZ, J.E., JIMÉNEZ, J.J., BELBAHRI, L., TRAPER, A., LEFORT, F., SÁNCHEZ, M.E. 2007b. New *Pythium* Taxa Causing Root Rot on Mediterranean *Quercus* Species in Southwest Spain and Portugal. *J. Phytopathol.* **155**: 289-295.
- SÁNCHEZ, M.E., CAETANO, P., FERRAZ, J., TRAPER, A. 2000. El decaimiento y muerte de encinas en tres dehesas de la provincia de Huelva. *Bol. San. Veg. Plagas.* **26**: 447-464.
- SÁNCHEZ, M.E., SÁNCHEZ, J.E., NAVARRO, R.M., FERNÁNDEZ, P., TRAPER, A. 2003. Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de *Quercus* en Andalucía. *Bol. San. Veg. Plagas* **29**: 87-108.
- SÁNCHEZ, M.E., ANDICOBERRY, S., TRAPER, A. 2004. Patogenicidad de *Phytophthora* spp. causantes de podredumbre radical de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en viveros forestales. *Bol. San. Veg. Plagas* **30**: 239-255.
- SÁNCHEZ, M.E., CAETANO, P., ROMERO, M.A., NAVARRO, R.M., TRAPER, A. 2006. *Phytophthora* root rot as the main factor of oak decline in southern Spain. En: Progress in Research on *Phytophthora* Diseases of Forest Trees. Proceedings of the Third International IUFRO Working Party S07.02.09. Meeting at Freising, Germany 11-18 September 2004. Brasier C, Jung T, Oßwald W (Eds). Forest Research, Farnham, UK. pp. 149-154.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. 1985. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill, Bogotá.
- VAN BARNEVELD, R. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*, **12**: 203-230.

(Recepción: 24 julio 2008)

(Aceptación: 16 diciembre 2008)