

LA CAUSA PARASITARIA DE LA “SECA” DE LOS QUERCUS

Tuset, J.J.*; Hinarejos, C.; Mira, J.L.

Departamento de Protección Vegetal y Biotecnología.
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)
Moncada, Valencia, España
Autor para la correspondencia: jtuset@ivia.es

Bol. Inf. CIDEU 1: 15-23 (2006)
ISSN 1885-5237

Resumen

La “Seca” de los *Quercus* es una enfermedad compleja que, en la península Ibérica, afecta principalmente a encinas y alcornoques, tanto a árboles agrupados como dispersos. La causa parasitaria más importante que contribuye al desarrollo de esta enfermedad es la actuación del hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands. Este parásito primario habitante del suelo se detectó en España a finales de los años 80, estando en la actualidad muy presente en las comunidades autónomas de: Andalucía, Castilla La Mancha, Castilla y León, Extremadura y Madrid. En este artículo se explica de forma comprensible los caracteres morfológicos del agente parasitario, su actividad como agente patógeno causal de la enfermedad y su dinámica (reproducción, conservación y dispersión).

Summary

THE PARASITIC CAUSE OF OAK DECLINE

The “Seca” (oak decline disease) of the *Quercus* trees is a complex disease that in the Iberian peninsula attack the holm oak and cork oak both in clusters and dispersed trees. The parasite cause more important that contributes to develop of these disease is the activity of the fungus *Phytophthora cinnamomi* Rands. This pathogen is a primary parasite soil habitant and was detected in Spain at the end the 80’s. Current this pathogen is present in the Autonomic Communities of Andalusian, , Castilla La Mancha, Castilla y León, Extremadura and Madrid. In the text is indicate in understandable way the morphological characters of the parasite agent, its pathogen activity as well as its dynamic (reproduction, conservation and dispersion).

INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Quercus* pueblan una buena parte de la península Ibérica. La encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) y el alcornoque (*Q. suber* L.) son los principales *Quercus* de la España peninsular. Ambas especies cubren aproximadamente el 10% de la superficie total y son habituales en las Autonomías de Andalucía, Extremadura, Castilla-León, Castilla-La Mancha y Madrid, si bien en todas ellas domina claramente la encina. En estas zonas, la enfermedad de la "seca" es la principal preocupación a partir de los años 80, tanto en árboles dispersos como agrupados (Cobos *et al.*, 1993).



Alcornoque afectado por "Seca" parasitaria.

El decaimiento de los *Quercus*, comúnmente llamado "seca", es concebido como un conjunto de procesos que actúan de forma secuencial o simultánea, contribuyendo al debilitamiento y posterior muerte del árbol. Dichos factores son tanto de origen biótico como abiótico. Así cuando calificamos este síndrome de parasitario el factor fundamental o sea aquel que más contribuye a la presencia de la enfermedad, es de origen biótico. En nuestro caso, el factor que incita y contribuye al desarrollo de la "seca" es la actividad parasitaria de un hongo potencialmente patógeno, como es *Phytophthora cinnamomi* Rands.

DESCRIPCIÓN DEL HONGO, PROCEDENCIA Y DISTRIBUCIÓN.

El término *Phytophthora* procede del griego, significa destructor de plantas. Este género agrupa más de 60 especies patógenas de plantas. Algunas son responsables de daños importantes, tanto en plantas cultivadas (*P. infestans* (Montagne) de Bary, *P. citrophthora* (Smith & Smith) Leonian, *P. cactorum* (Lebert & Cohn) Schroeter, etc) como forestales (*P. cinnamomi*, *P. cambivora* (Petri) Buisman, etc.). Son hongos del suelo que necesitan de tejido vegetal vivo como fuente de alimento y de agua libre para la formación de sus órganos de reproducción. Sus esporas más representativas, llamadas zoosporas por tener dos flagelos y ser móviles, infectan los tejidos durante los periodos húmedos, pero el crecimiento del patógeno en los tejidos de la planta no está relacionado con esta condición. En los árboles, son las raíces absorbentes y la zona del cuello o base del tronco las atacadas inicialmente. Posteriormente, si las condiciones ambientales son apropiadas, estos hongos pueden crecer en la corteza de las raíces principales y del tronco (en el cambium y floema principalmente).

P. cinnamomi permanece en el suelo parasitando los tejidos radiculares de las plantas enfermas. En tiempo templado y húmedo produce los esporangios y clamidosporas a partir del micelio que constituye el cuerpo o estructura del hongo, tanto en el suelo como en los tejidos vegetales parasitados. Los esporangios dan lugar a las zoosporas, para ello se necesita agua libre, que son las que infectan mayoritariamente las raíces. Los micelios de algunos diferentes aislados del hongo si crecen juntos, pueden inducir la producción de esporas sexuales (oosporas).

Las zoosporas de *P. cinnamomi* pueden infectar a un amplio número de plantas. Actualmente han sido citadas más de 1000 especies como hospedantes de este hongo. Como este parásito sólo forma sus órganos de reproducción en los tejidos de plantas susceptibles, una gran variedad de ellas han tenido que ser la base de alimentación para que se puedan repetir sus ciclos biológicos hasta nuestros días. En la península Ibérica, la planta susceptible más importante ha sido el castaño (*Castanea sativa* L.). Esta especie, durante el período 1920-1950, sufrió pérdidas epidémicas considerables, la célebre “tinta”, primeramente atribuidas a *P. cambivora*, si bien como posteriormente se reconoció el agente causal fue *P. cinnamomi*. La gran expansión del castaño en la parte occidental de España ocasionó una amplia diseminación de este hongo en los encinares y alcornoques allí situados.

P. cinnamomi es una especie introducida en Europa. Probablemente su procedencia sean las islas de Papua Nueva Guinea-Celebes en el sur-oeste del Océano Pacífico, desde donde ha sido distribuida a los cinco continentes por el hombre durante los siglos XIX y XX (Brasier, 1999). Además del castaño y del ciprés de Lawson (*Chamaecyparis lawsoniana* (Murray) Parlat), en este caso en el sur de Inglaterra, este hongo ha causado en Australia una de las mayores epidemias, destruyendo miles de Ha. de la especie de eucalipto *Eucalyptus marginata* Donn ex. Sm. en la parte occidental del país durante todo el siglo XX. También la vegetación de la provincia del Cabo (Cape Province) de Sudáfrica ha sido muy castigada por este hongo, causando importantes destrozos en su riqueza botánica. Es por lo tanto un patógeno que debe ser tenido en cuenta en cualquier ecosistema forestal pues su actividad parasitaria nunca debe de ser desestimada.



Alcornoques muertos y con afección severa de “Seca” parasitaria

LA ENFERMEDAD EN LOS *Quercus*

Se describe como el efecto causado por *P. cinnamomi* en nuestras encinas y alcornoques. La presencia de este hongo en los suelos no es constante, varía principalmente con la climatología, composición vegetal de la dehesa o del bosque, de la susceptibilidad de la vegetación, etc. Por ello la exteriorización de la “seca” se muestra cambiante en el espacio y en el tiempo e influenciada por muchos factores.

A partir del año 1991, el hongo *P. cinnamomi* es aislado de raíces finas (absorbentes) de árboles enfermos de encina y alcornoque situados en estas zonas, con lo que el diagnóstico dominante hasta entonces de una participación mayoritaria de factores abióticos, como: condiciones anormales climáticas y edáficas, aprovechamiento excesivo de las dehesas y montes, etc. y ataques secundarios de insectos y hongos parásitos facultativos en la evolución de la enfermedad, comienza a perder rápidamente consistencia en beneficio de este “nuevo” patógeno primario como el principal causante de la “seca” de los *Quercus* mediterráneos (Brasier *et al*, 1993; Cobos *et al*, 1993; Tuset *et al*, 1996). Así, este hongo viene siendo aislado año tras

año en las Comunidades de Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha, Castilla-León, Madrid y Navarra, si bien se han prospectado además las comunidades de Aragón, Cataluña, Murcia y Valencia, en este caso con resultado negativo. Con la ayuda de la Subdirección General de Sanidad Vegetal del MAPA, del Servicio de Protección de los Montes contra Agentes Nocivos del MMA, de los Servicios de Defensa Fitosanitaria de varias Comunidades, el Equipo de Micología del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) ha analizado unas 600 muestras compuestas de tierra y raíces desde el año 1995. Estas muestras procedían de la capa superficial del suelo (menos de 30 cm. de profundidad) y de las capas profundas (más de 80-100 cm.) de lugares donde, tanto árboles aislados o dispuestos en pequeños grupos mostraban síntomas iniciales o avanzados de la "seca". El 70% de los aislados de *P. cinnamomi* se obtuvieron en las muestras recogidas en primavera e inicio del verano y un 30% en otoño. El 65% de aislamientos del hongo se consiguieron en las capas profundas del suelo y un 35% en las capas más superficiales. En las muestras que dieron positivo, la humedad del suelo osciló entre el 5 y 19% (Tuset et al, 2002). *P. cinnamomi* únicamente ha sido aislado en encina, alcornoque, roble rojo americano (*Q. rubra* L.) y en las plantas arbustivas del maquis *Cistus* sp. y *Erica* sp. (Tuset et al, 2002).

Los síntomas de "seca" se han conseguido reproducir en encinas y alcornoques adultos en el campo y en plantas jóvenes (2 años de edad) en el invernadero, inoculando con cultivos puros de *P. cinnamomi*. Las lesiones causadas en árboles adultos de encina y alcornoque inoculados en la base de los troncos han sido chancros de dimensiones considerables, que en algunos casos han conseguido rodear el tronco y

causar la muerte del árbol. En las inoculaciones de plantas jóvenes, en este caso infectando el sistema radicular, éstas han mostrado idénticos síntomas de defoliación, secado y muerte. Estos tests de patogenicidad han demostrado que *P. cinnamomi* es un patógeno primario con un elevado potencial de infección en los *Quercus* mediterráneos (Tuset et al, 1996).

Manifestación de la enfermedad

La imagen de los lugares afectados por la "seca" varía según el tiempo transcurrido desde que el hongo fue introducido y comenzó a infectar a los árboles. Esto hay que considerarlo cuando nos acercamos al estudio de la enfermedad. Aunque *P. cinnamomi*, posiblemente ha estado desde hace varios siglos en los suelos de la España occidental, en algunas áreas o lugares su introducción puede ser reciente.

Los síntomas de decaimiento de la copa de encinas y alcornoques pueden ser clasificados en:

- a) "decaimiento lento" (slow decline), con una caída gradual de las hojas y la presencia de ramas parcial o totalmente defoliadas.
- b) "muerte súbita" (quick decline), con un rápido secado de las ramas, donde las hojas permanecen un tiempo adheridas y árboles completamente muertos. Las hojas muestran un color amarillento o marrón en las primeras etapas de la desecación.

Estos síntomas, generalmente, son variables de un área a otra y, algunas veces, hay también exudados gomosos negruzcos en el tronco, pero lo que no se observan, son lesiones corticales en la base del tronco y raíces principales.

Los árboles afectados pueden producir, aunque no siempre, rebrotes a lo largo de

las ramas gruesas y del tronco. Generalmente, éstos son de pequeño tamaño y sobreviven durante varios años.

La gravedad de la “seca” varía según los lugares geográficos, así como de la orografía de la propia área. Es, generalmente, en los suelos con escaso o insuficiente drenaje, situados en los valles, vaguadas y laderas de las colinas, donde el impacto de la enfermedad es más elevado. Por el contrario, en los suelos más profundos, más fértiles, con mayor proporción de materia orgánica, el efecto de la “seca” es escaso y puede ser desestimado. En las partes altas de las colinas y montes bajos, con poco suelo, también esta alteración resulta preocupante.

El efecto de la “seca” está íntimamente ligado a las condiciones climáticas. Estas interesan a la incidencia de la enfermedad, a los síntomas mostrados por los árboles alterados, así como a la distribución de la misma. La lluvia anual y, especialmente, la caída durante el verano y el otoño, junto con la sequía condicionan notoriamente la manifestación de la “seca” de nuestros encinares y alcornoques.

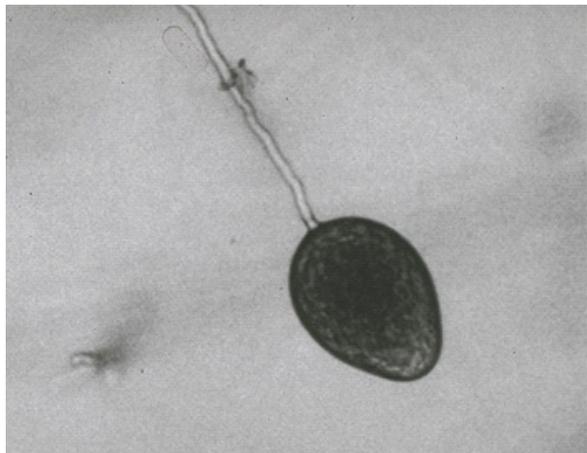
DINAMICA DE LA ENFERMEDAD

Examinaremos aquí las interacciones entre el hongo, los factores ambientales y el hospedante que dan como resultado la manifestación de la enfermedad de la “seca”. Estas observaciones se hacen a nivel reducido teniendo como base las estructuras del hongo en el suelo y en los tejidos de la planta.

En el ciclo de este hongo la reproducción asexual, debida al conjunto esporangio-zoospora, ocupa un lugar preponderante del mismo. Estas esporas son la forma más usual e importante de reproducción del hongo. Las oosporas son prácticamente desconocidas y las clamidosporas, que son formadas en el micelio, por su corta

supervivencia en el suelo su significado como “órgano de reproducción” está poco considerado.

Los factores de predisposición, especialmente la humedad, la temperatura y la microflora del suelo, fueron estudiados a partir de los años 60. Se demostró que *P. cinnamomi* no puede sobrevivir en los suelos secos (Kuhlman, 1964). En condiciones de humedad elevada, la temperatura es el factor crítico para el desarrollo e infección del hongo. También la composición de la microflora influye en la formación de los órganos de reproducción. Diferentes especies de bacterias son estimuladoras, especialmente del esporangio (Ayers y Zentmyer, 1971). Aunque todos los suelos son portadores de estos microorganismos, en algunos forestales la composición florística del maquis claramente incide en la capacidad estimuladora del suelo mediante la potenciación o inhibición de las poblaciones bacterianas y fúngicas del mismo así como en la composición química del propio suelo.



Esporángio de *Phytophthora cinnamomi* conteniendo zoosporas.

Producción de esporángios

Además del tipo de suelo, especialmente de la composición de la microflora del mismo, la formación del esporángio está favorecida por la temperatura, humedad y condiciones

11-12°C y hasta los 31-32°C, *P. cinnamomi* pueda formar esporángios. En invierno, en muchos de los suelos de nuestros bosques de encinas y alcornoques, las temperaturas entre 12°C y 15°C a una profundidad de 80-180 cm es bastante habitual, caso que favorece la esporulación y mantiene activo el inóculo del hongo, aunque las bajas temperaturas repercutan con intensidad en las capas superficiales del suelo. En verano, las temperaturas por encima de los 24-25°C son casi constantes y, por lo tanto óptimas para la producción de los esporángios. La humedad del suelo es especialmente limitante en aquellos bosques o dehesas cuyas superficies se encuentran poco sombreadas.

Liberación de las zoosporas

Las zoosporas son el inóculo más efectivo del hongo para producir la infección, una vez puestas en contacto con los tejidos del hospedante (Hickman, 1970). Estas son formadas en el interior del esporángio y deben ser liberadas del mismo y, por ello, necesitan de agua libre empapando el suelo o mojando los tejidos del hospedante. Las fluctuaciones térmicas, con cortos periodos de temperaturas entre 8°C y 16°C, son casi necesarias para que la pared del esporángio se rompa y las zoosporas queden libres en el medio líquido (Tuset *et al.*, 2001). Una vez liberadas las zoosporas se dispersan con celeridad en la solución del suelo.

Función de la clamidospora

Esta se constituye a expensas de la hifa por acumulación de protoplasma en determinados lugares de la misma y puede ser intercalar o terminal. Tiene forma redondeada y posee una gruesa pared. Es un órgano de conservación del hongo y perdura en el suelo durante un tiempo más bien corto, hasta 8-10 meses dependiendo de la humedad, composición química y microflora del mismo. Temperaturas entre 24-28°C favorecen su producción. Toleran



Hifas de *Phytophthora cinnamomi*.

con dificultad la sequedad del suelo, aunque pueden ser viables hasta el 4% de humedad.

Las clamidosporas, que tienen un tamaño superior a las zoosporas, y que son formadas principalmente en los alrededores de las raíces absorbentes colonizadas por el hongo son difundidas a través del suelo o mediante las raíces. Cuando las condiciones ambientales son favorables (agua libre empapando el suelo) las clamidosporas producen generalmente esporángios o germinan directamente infectando las raíces de los *Quercus*.

Dispersión de *P. cinnamomi*

La difusión de *P. cinnamomi* se ve favorecida por el agua en el suelo, tanto en su dispersión activa como pasiva.

Se entiende por dispersión activa la producida por los mecanismos de motilidad del propio hongo, tales como la capacidad de movimiento de las zoosporas o el crecimiento del micelio en las raíces de la planta hospedante. Las zoosporas pueden moverse por si solas pequeñas distancias (centímetros), siempre y cuando se encuentre agua libre en suelo. Esta motilidad puede mantenerse durante unos 20 días, si bien al cabo de 8-9 días el número de zoosporas desciende por encima del 60% (Tuset *et al.*, 2001).

P. cinnamomi puede llegar a crecer hasta 1 cm/día en tiempo cálido y con el suelo húmedo. En suelos secos (menos del 4-5% de humedad) la actividad del hongo se detiene, lo que ocurre en el verano en nuestras áreas de *Quercus*, pero puede continuar expandiéndose a través del crecimiento que tiene lugar en las raíces de plantas susceptibles del maquis en las zonas sombreadas o más húmedas de las dehesas o de los bosques.

La dispersión más usual de *P. cinnamomi* se produce de forma pasiva. Es a través del agua de lluvia que, en su caída, arrastra a los propágulos (esporangios, clamidosporas, porciones de micelio y las propias zoosporas) del hongo presentes en los suelos de los lugares infectados, tanto en sentido horizontal distribuyéndolas en amplias áreas de las dehesas y bosques como en sentido vertical llevándolos hasta profundidades considerables (varios metros) e incorporándolos a las capas freáticas existentes, y, con ello, enviando este inóculo a distancias considerables desde los puntos de infección.

La intensidad de la lluvia, su persistencia y así como el tiempo en que el suelo se mantiene con humedades próximas a la capacidad de campo, son factores a tener en cuenta en la extensión y distribución y acumulación del inóculo del hongo en nuestras zonas boscosas.

Conservación de *P. cinnamomi*

La temperatura, humedad, composición del maquis, microflora y composición química y física del suelo son los factores que afectan a los propágulos de *P. cinnamomi* en las dehesas y bosques de *Quercus*.

La curva térmica de crecimiento de *P. cinnamomi* va desde los 4-5°C hasta los 35°-36°C. Generalmente la temperatura del suelo no se manifiesta hostil al hongo durante el invierno porque en las dehesas y

bosques de encinas y alcornoques raramente la temperatura mínima desciende de los 2-3°C (Zentmyer, 1980).

La humedad del suelo constituye el factor más crítico para la supervivencia de *P. cinnamomi* en las áreas de *Quercus*. Claramente el hongo se conserva cuando los suelos se mantienen húmedos y desaparece cuando están secos. Contenidos de humedad por encima de la capacidad de campo, no afectan a los esporangios y clamidosporas. Las zoosporas en suelos completamente saturados viven más de tres semanas (Tuset et al, 2001).

La disponibilidad del agua depende del tipo de suelo. Así, la supervivencia del hongo en un suelo con alto contenido en arcilla no puede ser comparada con la de un suelo arenoso-limoso (franco), la de un suelo con un elevado porcentaje de cantos rodados o la de un suelo laterítico (con placas de pizarra a 30-40 cm de profundidad). El mantenimiento de la humedad entre los agregados, poros del suelo, trozos de placas de pizarra, etc., es la condición fundamental para que las zoosporas y clamidosporas subsistan. Por ello, su conocimiento puede servirnos para predecir en un área determinada las posibilidades de conservación de *P. cinnamomi*.

En las capas superficiales del suelo, la variación frecuente del contenido de agua junto con los otros factores térmicos, culturales, composición del maquis, etc. repercute en la cantidad de orgánulos de *P. cinnamomi* normalmente presentes y, por lo tanto en su dispersión. Esto explica el porqué de que en muchas de nuestras zonas de *Quercus*, la ausencia de aislamientos positivos en las muestras superficiales de suelo y en los sistemas radiculares de las plantas arbustivas del maquis. Es necesario que el suelo este húmedo (entre 8-16% de humedad) para que el hongo disponga un inóculo (esporangios y clamidosporas

principalmente) suficiente y, con ello, factible de ser aislado en el laboratorio.

SUSCEPTIBILIDAD Y RESISTENCIA DE LOS *Quercus* A LA ENFERMEDAD

Los *Quercus* varían notablemente en su susceptibilidad a *P. cinnamomi*. Las observaciones directas en las dehesas y bosques de quercíneas junto con los resultados de los análisis efectuados en el laboratorio de más de seiscientas muestras de raíces y suelo procedentes de árboles con síntomas que podrían ser catalogados como "seca", nos han inclinado a considerar a las especies *Q. rotundifolia* y *Q. suber* como las más susceptibles a *P. cinnamomi*. Trabajos experimentales realizados en IVIA en los que se ha inoculado diferentes concentraciones de zoosporas de *P. cinnamomi* a plantas de 1 año de edad de cinco especies de *Quercus*: *Q. rotundifolia*, *Q. suber*, *Q. faginea*, *Q. petraea* y *Q. pyrenaica*, Después de 50 días de haber sido inoculadas las plantas mostraron síntomas avanzados de "seca". De las cinco especies de *Quercus*, *Q. rotundifolia* es la más sensible a *P. cinnamomi* y *Q. suber*, necesita suspensiones de zoosporas 10 veces más densas. Las otras tres especies se han comportado como poco susceptibles a este hongo. Estos resultados demuestran claramente la consistencia de las observaciones de campo.



Parcela experimental de Monfragüe. Al fondo encinas con síntomas de "Seca"

Los estudios sobre la susceptibilidad de los *Quercus* al hongo *P. cinnamomi* no están concluidos. A este respecto el IVIA ha suscrito un convenio de colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente en el que se está estudiando el comportamiento de 7 especies de *Quercus* en 2 parcelas experimentales donde *P. cinnamomi* se encuentra presente de forma natural. Dichas parcelas están ubicadas en los Parques Naturales de Monfragüe (Cáceres) y de los Alcornocales (Cádiz). A medio plazo será posible conocer mejor los mecanismos que intervienen en la resistencia y los genes implicados en ella, aportando una contribución esencial para la defensa de estas especies amenazadas.

Bibliografía.

- Ayers, W.A. y Zentmyer, G.A. 1971. Effect of solution and two soil *Pseudomonas* on sporangium production by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology*, 25: 263-294.
- Brasier, C.M. 1999. *Phytophthora* pathogens of trees: their rising profile in Europe. Information Note-Forestry Commission, nº 30, 6 pp.
- Brasier, C.M., Robredo, F. y Ferraz, J.F.P. 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberia oak decline. *Plant Pathology*, 42: 140-145.
- Cobos, J.M., Montoya, R. y Tuset, J.J. 1993. New damage to the *Quercus* woodlands in Spain. Preliminary evaluation of the possible implication of *Phytophthora cinnamomi*.

- Proc. Int. Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Dipart. Di Patologia Vegetale, Università degli Studi, Bari (Italia), 163-169 pp.
- Hickman, C.J. 1970. Biology of *Phytophthora* zoospores. *Phytopathology*, 60: 1128-1135.
- Kuhlman, E.G. 1964. Survival and pathogenicity of *Phytophthora cinnamomi* in several western Oregon soils. *Forest Science* 10: 157-158.
- Tuset, J.J., Hinarejos, C., Mira, J.L. y Cobos, J.M. 1996. Implicación de *Phytophthora cinnamomi* en la enfermedad de la "seca" de encinas y alcornoques. *Bol. San. Veg., Plagas*, 22: 491-499.
- Tuset, J.J., Cots, F., Hinarejos, C. y Mira, J.L. 2001. Suspensions de zoosporas de *Phytophthora cinnamomi* que causan la "seca" en cinco especies de *Quercus* mediterráneos. *Bol. San. Veg., Plagas*, 27: 103-115.
- Tuset, J.J., Hinarejos, C., Mira, J.L. y Cobos, J.M. 2002. Distribution of the isolations of *Phytophthora cinnamomi* in the Spanish *Quercus* areas with oak decline disease. *IOBC Bulletin*, 25 (5): 49-52.
- Zentmyer, G.A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. Mnograph 10. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA