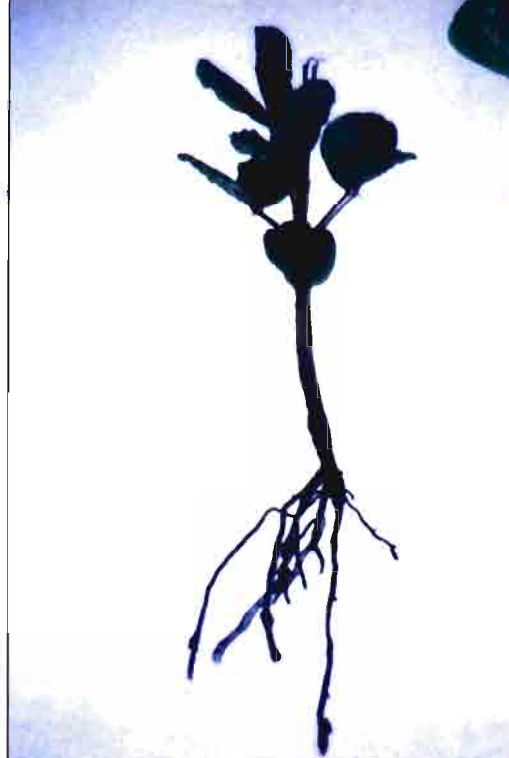


Plántula de algarrobo de 1 savia afectada de manchas foliares y podredumbre radical



Enfermedades que afectan a la producción de PLANTA FORESTAL en VIVEROS ANDALUCES

Por: M^a Esperanza Sánchez Hernández*, M^a Rosario Varo Sánchez*, Sergio Andicoberry de los Reyes* y Antonio Trapero Casas*

INTRODUCCIÓN

Desde 1993 hasta 1997 han sido forestadas en Andalucía cerca de 120.000 ha dentro del Programa de Forestación de Tierras Agrarias de 1993 (Gómez-Jover y Jiménez, 1997). Este programa ofrecía ayudas a la repoblación con especies forestales en parcelas sometidas a un aprovechamiento agrícola previo. Lógicamente, la puesta en marcha del Programa generó una demanda de planta forestal a la que respondieron los viveros andaluces con un aumento de la producción de las especies más solicitadas (*Tabla 1*), pero sin fijar unos determinados

criterios de calidad de planta. No obstante, la calidad de planta forestal producida por el viverista va a determinar, en gran medida, el éxito de la plantación, en cuanto al crecimiento y supervivencia de las especies empleadas. Por este motivo, en 1997 la Universidad de Córdoba inició una línea de investigación sobre calidad de planta en los viveros forestales andaluces, desarrollada en el marco del proyecto de investigación FO96-006. Esta línea pretende fijar unos criterios de calidad que puedan ser normalizados e introducidos en el proceso de producción de planta en los viveros andaluces. Los criterios de calidad se han definido por medio de atributos morfológicos y fisiológicos de la planta (Navarro *et al.*, 1998). No obstante, la producción de planta forestal de calidad exige incorporar criterios que aseguren su buen estado fitosanitario.

PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN LOS VIVEROS FORESTALES ANDALUCES

Las prácticas culturales en vivero se van acomodando progresivamente a obtener la máxima producción al mínimo coste. Dentro de esta tendencia, en buena parte de los viveros andaluces el cultivo intensivo de plántulas se realiza en recipientes con suelo natural, sintético, o mezclas, en invernadero, y con fertirrigación por aspersión (Navarro *et al.*, 1998). Este cultivo intensivo ha aumentado el rendimiento de los viveros forestales, pero también ha generado problemas fitosanitarios asociados a estas prácticas (Sánchez *et al.*, 1999). Como consecuencia del microambiente resultante de la elevada humedad y la falta de aireación por la gran densidad de plantas, se crean unas condiciones ideales para el desarro-

(*) Dpto. Agronomía, ETSIAM, Universidad de Córdoba.



llo de enfermedades foliares. Además, la fertilización a la que se ven sometidos los plantones proporciona un ambiente muy desfavorable para la micorrización y, por contra, favorece el establecimiento de patógenos radicales, que también se ven favorecidos por el riego excesivo. En las condiciones ambientales particulares del vivero se corre el riesgo de que las enfermedades foliares y radicales se extiendan e intensifiquen con rapidez, dando lugar a la aparición de problemas a corto plazo en el mismo vivero, o a más largo plazo, apareciendo los síntomas de la enfermedad una vez que los plantones infectados ya se han establecido en las parcelas de repoblación.

Las enfermedades producen regularmente unas pérdidas del 15% o superiores en viveros forestales. En condiciones favorables, y si no se adopta ninguna medida de control, las pérdidas pueden llegar a ser casi totales (Manion, 1991). Se han descrito más de 30 especies fúngicas diferentes como causantes de enfermedades en viveros forestales (Butin, 1995). No obstante, el desconocimiento existente sobre las principales enfermedades de vivero en el contexto específico de las especies más utilizadas en la forestación de tierras agrarias en Andalucía, hace necesario un estudio en profundidad sobre su etiología, como primer paso necesario para establecer un control efectivo de las mismas. A continuación se exponen las enfermedades detectadas desde 1997 en las principales especies forestales producidas en viveros andaluces.

SINTOMATOLOGÍA Y AGENTES ASOCIADOS

Las observaciones y toma de muestras se realizaron en viveros forestales de las provincias de Córdoba, Granada, Huelva y Málaga.

• Micosis foliares en algarrobo

En varios viveros de las provincias de Huelva y Málaga dedicados a la producción intensiva de planta forestal, se viene detectando una alta incidencia de enfermedades foliares en plántulas de algarrobo de 1 y 2 savias. La sintomatología característica de las plántulas enfermas consiste en la aparición de numerosas manchas necróticas inespecíficas en los folíolos, distribuidas por toda la parte aérea (Figura 1). A partir del tejido lesionado se realizaron siembras, en condiciones asépticas, en placas de Petri conteniendo PDA (Patata-Dextrosa-Agar), medio de cultivo genérico para el aislamiento de hongos (Dhingra y Sinclair, 1995). Tras la incubación de estas placas se transfirieron aquellas colonias fúngicas que presentaron una mayor frecuencia de

TABLA 1:
Evolución de la superficie forestada en Andalucía

Especie	AÑOS							
	1993		1994		1995		1996	
	Superficie (Ha.)	Andalucía (%)	Superficie (Ha.)	Andalucía (%)	Superficie (Ha.)	Andalucía (%)	Superficie (Ha.)	Andalucía (%)
Acebuches	251.60	2.43	1722.22	4.60	3124.10	9.12	3462.38	9.14
Alcornoque	2016.11	19.46	8215.17	21.96	8028.22	23.43	8444.65	22.30
Algarrobo	1061.96	10.25	2630.42	7.03	1989.23	5.81	2969.66	7.84
Encina	4550.94	43.92	16420.79	43.89	17996.87	52.52	17623.49	46.54
P. carrasco	1114.60	10.76	4042.82	10.80	1587.47	4.63	3440.86	9.09
Otras	2429.97	13.18	4386.68	11.72	1539.21	4.49	1921.22	5.09
Total	10363.22	100	37418.10	100	34265.10	100	37862.59	100

*Fuente: Gómez-Jover y Jiménez, 1997.

TABLA 2:
Identificación, origen, frecuencia de aislamiento y patogenicidad de los principales hongos aislados de plántulas de vivero

Especie	Agente asociado	Origen	Frecuencia de aislamiento ^a (%)	Patogenicidad ^b
Algarrobo	<i>Colletotrichum acutatum</i>	Hoja	-	+
	<i>Hainesia</i> sp.	Hoja	-	++
	<i>Pestalotiopsis</i> sp.	Hoja	55	++
	<i>Phomopsis archeri</i>	Hoja	-	+
	<i>Fusarium oxysporum</i>	Raíz	45	++
	<i>Pythium irregulare</i>	Raíz	22	++
Encina	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	Raíz	29	+++
	<i>Phytophthora cryptogea</i>	Raíz	34	++
	<i>Phytophthora drechsleri</i>	Raíz	17	++
Pino carrasco	<i>Phytophthora cryptogea</i>	Raíz	12	-
Acebuches	<i>Pseudomonas savastanoi</i>	Tallo	-	-

^aExpresada como (nº de trocitos de tejido necrótico que dieron lugar a una colonia/nº total de trocitos sembrados)*100
^bEvaluada en inoculaciones artificiales: + = baja, ++ = moderada, +++ = alta, - = no se realizaron ensayos de patogenicidad

aislamiento. De esta forma se obtuvieron cultivos puros de los hongos asociados consistentemente a los síntomas observados, que se identificaron como *Colletotrichum acutatum*, *Hainesia* sp., *Pestalotiopsis* sp. y *Phomopsis archeri* (Tabla 2), en base a la caracterización morfológica de sus estructuras vegetativas y reproductivas, de acuerdo a las descripciones de Sutton (1980) y Naj-Raj (1993).

• Podredumbres radicales en algarrobo, encina y pinos

En el caso del algarrobo, en las mismas partidas de plántulas afectadas de micosis foliares se observó que el sistema ra-

cación foliar que comenzaba por los márgenes de las hojas e iba avanzando hacia el nervio principal hasta su completa marchitez. La muerte de los plantones se producía sin que las hojas hubieran llegado a desprenderse de los tallos. El sistema radical aparecía muy reducido y con necrosis extensas en las raicillas aún unidas a la raíz principal, que sin embargo no presentaba lesiones.

También se detectó en pino carrasco un síndrome de podredumbre radical recurrente durante los dos últimos años, en un vivero de la provincia de Granada. Las plántulas de entre 0.5 y 1 savia, presentaban una intensa clorosis en las acículas, que evolucionaba hacia un ataba-

lamiento en cada caso (Tabla 2).

Asociadas consistentemente a la podredumbre radical de algarrobo, se identificaron dos especies fúngicas: *Pythium irregulare* y *Fusarium oxysporum*, de acuerdo con las descripciones de Plaats-Niterink (1981) y Booth (1971). En encina se aislaron varias especies del género *Phytophthora*: a partir de los plantones del vivero de producción propia se aisló *P. cinnamomi*, mientras que en el vivero comercial se identificó a *P. cryptogea* y *P. drechsleri*, según las descripciones de Erwin y Ribeiro (1996). *P. drechsleri* también apareció asociada a la podredumbre radical del pino carrasco (Tabla 2).

• Bacteriosis en acebuche

En muestras de acebuche de 1 savia procedentes de un vivero de Almería se detectó la presencia de nódulos en la zona basal del tallo que determinan un menor crecimiento y desarrollo de los plantones afectados. Las tumoraciones eran las típicamente producidas por la bacteria *Pseudomonas savastanoi*, agente de la tuberculosis del olivo (Trapero y Blanco, 1999). Se da la circunstancia de que en las cercanías del vivero existe un olivar abandonado con una alta incidencia de esta enfermedad.

ENSAYOS DE PATOGENICIDAD

En la mayoría de los casos, los agentes que aparecieron asociados a las diversas sintomatologías detectadas no habían sido previamente descritos como causantes de enfermedades en vivero de las especies forestales estudiadas. Por este motivo, se realizaron pruebas de patogenicidad sobre plantones sanos con cada una de las especies fúngicas aisladas. En estos ensayos no se incluyó a *Ps. savastanoi*, puesto que su patogenicidad en olivo es bien conocida (Trapero y Blanco, 1999).

• Aislados foliares de algarrobo

Para determinar la patogenicidad de los aislados obtenidos se realizaron tres ensayos de inoculación en plántulas sanas de algarrobo de dos savias. En todas las inoculaciones se emplearon suspensiones de inóculo preparadas a partir de placas esporuladas de cada una de las especies obtenidas, con una concentración de 10^5 - 10^6 conidias/ml. Estas suspensiones se pulverizaron muy fina y homogéneamente sobre las plántulas de algarrobo a inocular. Los testigos se pulverizaron con agua desionizada. Tras una incubación en cámara de cultivo bajo luz (14 horas/día) a 19-23°C durante tres meses, se observó el desarrollo de los síntomas (necrosis foliares) y se evaluó su severidad (Tabla 2). En la mayoría de los casos fue posible el re-



Sintomatología aérea en plántulas de encina de 1 savia afectadas de podredumbre radical. Nótese la desecación y marchitez de las hojas, que permanecen prendidas al tallo

dical se encontraba muy deprimido y afectado por necrosis.

También se detectaron podredumbres radicales extensas en plántulas de encina de 1 y 1,5 savias procedentes de dos viveros de Córdoba. Uno de los viveros está dedicado a la producción comercial intensiva de planta en envase y utiliza como sustrato turba-arena. Por contra, el segundo vivero sólo produce planta para repoblar la propia finca en la que está situado. El cultivo se realiza en bolsas de polietileno con suelo natural de monte. En ambos casos, el drenaje de los envases era deficiente y las plántulas presentaban síntomas similares: clorosis y dese-

cado y total desecación de la parte aérea. Los sistemas radicales presentaban necrosis extensas, aunque sin pérdida apreciable de raíces podridas.

En todos estos casos se tomaron muestras de las raicillas necróticas y se sembraron de forma aséptica, en placas con los medios de cultivo PDA (genérico), PARP (específico para el aislamiento de hongos pitiáceos), y PARPH (específico para el aislamiento de especies del género *Phytophthora*) (Jeffers y Martin, 1986). Al igual que con los aislados foliares, tras la incubación de las placas se obtuvieron cultivos puros de las colonias fúngicas que presentaron una mayor frecuencia de ais-



aislamiento de los hongos inoculados a partir del tejido foliar necrosado.

• Aislados radicales de algarrobo

Para determinar la patogenicidad de los aislados radicales sobre plántulas de algarrobo se preparó una suspensión de inóculo mezclando el contenido de 6 placas de cada uno de los aislados con agua desionizada hasta un volumen de 600 ml. y batiendo la mezcla. Se prepararon 6 repeticiones por aislado. También se inocularon 6 plantones sanos por inóculo a ensayar, mediante el vertido 100 ml de inóculo al sustrato. A las plantas testigo se les aplicó 100 ml de agua. Las plantas así tratadas se incubaron en cámara de crecimiento bajo luz (14 horas/día), a 19-23°C durante 50 días para el ensayo 1, y 35 días para el ensayo 2. En este último, las plantas se mantuvieron en condiciones de encharcamiento durante toda la incubación.

La sintomatología mostrada por las plántulas inoculadas consistió en necrosis parciales de las raíces. En un segundo ensayo, la necrosis radical fue más severa y originó la desecación completa de la parte aérea de la mayoría de las plántulas inoculadas. En la *Tabla 2* se indican la patogenicidad de cada uno de los hongos ensayados.

• Aislados radicales de encina

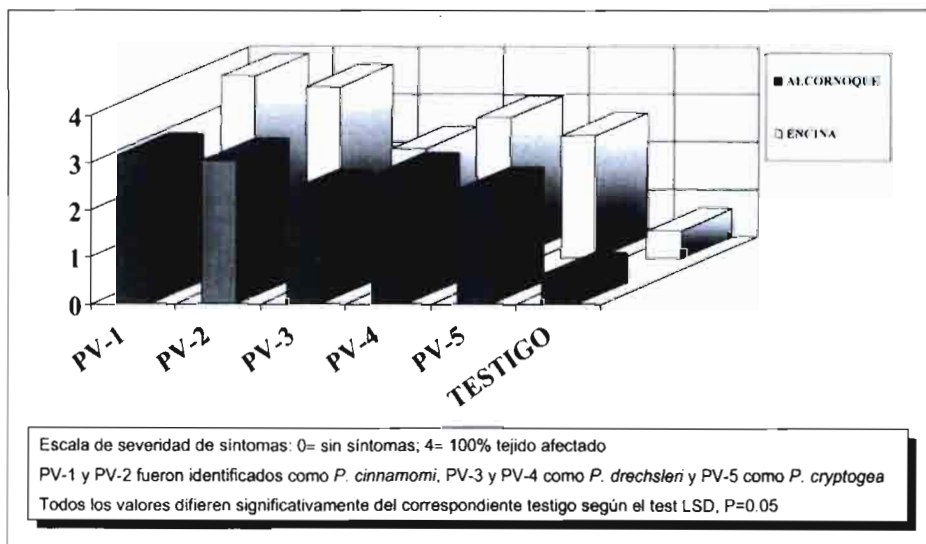
Los ensayos de patogenicidad se realizaron sobre plantones sanos de encina y de alcornoque de 1 savia. Para la inoculación se eligieron 2 aislados de *P. cinnamomi* (PV-1 y PV-2), 2 aislados de *P. drechsleri* (PV-3 y PV-4) y un aislado de *P. cryptogea* (PV-5). Para la preparación del inóculo se sembró cada aislado en placas de Petri conteniendo el medio extracto de zanahoria (Dhingra y Sinclair, 1995). Las placas se incubaron durante un mes a 22°C. Posteriormente, se separó en condiciones asépticas el micelio producido y se batió con agua estéril, ajustando el volumen de forma que al añadir 50 ml de inóculo por plantón se consiguiera añadir el micelio producido en 3 placas de Petri. El inóculo así preparado se aplicó directamente al cepellón (50 ml/planta) antes de su trasplante a macetas. Se realizaron 6 repeticiones por aislado y especie de planta, siendo la unidad experimental la maceta con una planta. Las plantas testigo de cada especie se trataron de la misma manera, excepto por la ausencia de hongo en los 50 ml de agua. Todas las macetas se colocaron en bandejas de plástico y se incubaron en umbráculo. Tras una semana de acondicionamiento, las bandejas se llenaron con agua durante dos días a la semana para producir periódicamente una saturación hídrica del suelo (arena:tur-

ba:lino), y así inducir la infección y el desarrollo de la enfermedad. Al cabo de 8 semanas todos los plantones inoculados, tanto de encina como de alcornoque, mostraron la sintomatología aérea de la enfermedad: pérdida de turgencia foliar y marchitez generalizada. Las raíces también mostraron una podredumbre extensa con acusada pérdida de raicillas absorbentes. Los testigos de ambas especies permanecieron asintomáticos. Para evaluar los síntomas radicales se empleó la escala 0-4 (0 : raíz sana, 1: 1-33% de raíz necrosada, 2: 34-66% de raíz necrosada, 3: 67-99% de raíz necrosada, 4 : raíz muerta). A los datos así obtenidos se les aplicó el análisis de la varianza y los valores medios fueron comparados mediante

fase de plantación. Por otra parte, se ha confirmado la patogenicidad de las especies fúngicas *F. oxysporum* y *P. irregulare* causando necrosis radicales en algarrobo. Nuestros resultados indican que la necrosis radical causada por estos hongos es más acusada en condiciones de encharcamiento que bajo un régimen hídrico normal. Por ello, sería conveniente un riguroso control del riego en los viveros, que evite el ataque de estos hongos, ya que una vez que se produce la infección, resulta muy difícil la recuperación de las plántulas afectadas.

En el caso de los *Quercus*, se comprobó la patogenicidad de los aislados de las tres especies de *Phytophthora* asociadas a la podredumbre radical de encina en vi-

FIGURA 4: Severidad de los síntomas radicales en plantones de encina y alcornoque inoculados con *Phytophthora* spp



el test LSD (mínima diferencia significativa) protegido de Fisher al nivel de significación $P=0.05$ (Steel y Torrie, 1985). En todos los casos se aisló consistentemente la especie fúngica inoculada a partir de las raíces necróticas.

DISCUSIÓN

Las necrosis foliares detectadas en plántulas de algarrobo dieron lugar a defoliaciones intensas. Sin embargo, frecuentemente los hongos causales originan infecciones latentes que no dan lugar al desarrollo de síntomas hasta que las condiciones ambientales o nutricionales inducen su aparición (Sinclair y Cerkaskas, 1996). Este hecho podría limitar el éxito de una repoblación, debido a las condiciones de estrés que supone la

vero. Al igual que en el caso del algarrobo, el establecimiento de la infección y el desarrollo de los síntomas se vieron favorecidos por las condiciones de encharcamiento periódico, hecho frecuente en este género fúngico (Erwin y Ribeiro, 1996). De las tres especies detectadas causando podredumbres en vivero, sólo *P. cinnamomi* está descrita como patógeno radical de encinas y alcornoques adultos (Tuset *et al.*, 1996). De hecho, en nuestros experimentos la sintomatología causada por *P. cinnamomi* resultó más severa que las obtenidas con las otras dos especies de *Phytophthora*, lo que sugiere una cierta especialización de este patógeno sobre los *Quercus* mediterráneos, en contraposición con la típica inespecificidad de estos patógenos radicales en condiciones de vivero (Butin, 1995). Hay que destacar el papel que en estos casos podría jugar el

Sintomatología aérea en plántulas de pino carrasco de 1 savia afectadas de podredumbre radical. Nótese la marchitez de las acículas en las partes bajas del tallo



vivero como origen de la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* en las repoblaciones, sobre todo cuando el sustrato utilizado para el cultivo contiene suelo natural infestado por dicho patógeno que, además, es un factor importante en el desarrollo de la “seca de los *Quercus*” (Tuset *et al.*, 1996).

Todos los aislados de *Phytophthora* ensayados resultaron también patógenos en alcornoque, aunque con valores de severidad generalmente no tan elevados como los obtenidos en encina. Llama la atención el hecho de que, a pesar de que hasta el momento no se han detectado podredumbres radicales graves de alcornoque en los viveros andaluces, habitualmente esta especie se cultiva conjuntamente con la encina, utilizando los mismos sustratos y regímenes hídricos.

En cuanto al pino carrasco, hay que señalar que actualmente se están llevando a cabo los correspondientes ensayos de patogenicidad de los aislados de *P. drechsleri* asociados a la podredumbre radical detectada. Además, también están en marcha experimentos de patogenicidad cruzada con los aislados de distinto origen de *P. drechsleri* en pino carrasco, encina y alcornoque.

De todo lo anteriormente expuesto podría extraerse la conclusión de que el estado fitosanitario de los viveros forestales en Andalucía es relativamente bueno, ya que han sido pocos los viveros afectados por la incidencia de enfermedades. Sin embargo, hay que señalar que la Unidad de Patología Vegetal de la Universidad de Córdoba sólo realiza el seguimiento del estado fitosanitario en unos pocos viveros de referencia, y además en este

trabajo sólo se han expuesto los casos detectados en los que se han sufrido pérdidas graves de producción de planta, en ocasiones del 100% de la especie afectada.

En términos generales, el mal desarrollo o la muerte de plántulas en vivero suele explicarse por un mal manejo cultural, fundamentalmente en cuanto a deficiencias nutricionales o excesos/defectos de agua (Navarro, 1998). Sin embargo, en numerosas ocasiones se constata que el mal estado del cultivo no se corrige al ajustar o corregir la fertilización o los riegos. En estos casos es fácil intuir que el problema es de tipo sanitario, aunque la causa real de la muerte de plántulas suele permanecer oculta. Por todo ello, es muy difícil estimar la incidencia real de las enfermedades de vivero en Andalucía.

BIBLIOGRAFÍA

Booth, C., 1971. The genus *Fusarium*. The Eastern Press Limited, London. 237 pp.
 Butin, H., 1995. Tree diseases and disorders. Oxford Univ. Press, Oxford. 252 pp.
 Dhingra, O.D., Sinclair, J.B., 1995. Basic plant pathology methods. CRC Press, Boca Raton, Florida. 434 pp.
 Erwin, D.C., Ribeiro, O.K. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press, St. Paul, MN. 562 pp.
 Gómez-Jover, F., Jiménez, F.J., 1997. Forestación de tierras agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 383 pp.
 Jeffers, N.S., Martin, J.B., 1986. Comparison of two media selective for *Phytophthora* and *Pythium* species. *Plant Dis.* 70:1038-1043.
 Manion, P.D., 1991. Tree disease concepts.

Prentice-Hall, London. 402 pp.
 Naj-Raj, T.R., 1993. Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia. Mycologue Publications, Ontario, Canada. 1101 pp.
 Navarro, R.M., Campo, A.D. del, Alejano, R., Álvarez L., 1998. Caracterización de calidad final de planta de encina, alcornoque, algarrobo y acebuche en cinco viveros en Andalucía. *Informaciones Técnicas* 53/98. Junta de Andalucía, Sevilla. 60 pp.
 Plaats-Niterink, A.J. van der, 1981. Monograph of the genus *Pythium*. *Studies in Mycology* 21:242 pp.
 Sánchez, M.E., Andicoberry, S., Trapero, A., 1999. Muerte de plántulas de encina causada por *Phytophthora* ssp. en viveros de la provincia de Córdoba. Congreso sobre Forestación en las Dehesas, Mérida. 8 pp.

Sinclair, J.B., Cerkauskas, R.F., 1996. Latent infection vs. endophytic colonization by fungi. In: *Endophytic fungi in grasses and woody plants. Systematics, ecology, and evolution.* APS Press, St. Paul, MN. pp. 3-29.
 Steel, G.D., Torrie, J.H., 1985. *Bioestadística: Principios y procedimientos.* Mc Graw-Hill, Bogotá. 622 pp.
 Sutton, B.C., 1980. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with pyrenidia, acervuli and stromata. CAB Int., Wallingford. 696 pp.
 Trapero, A., Blanco, M.A., 1999. Enfermedades. En: *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía-Mundiprensa, Sevilla. pp. 476-532.
 Tuset J, Hinarejos C, Mira J, Cobos J. 1996. Implicación de *Phytophthora cinnamomi* Rands en la enfermedad de la seca en encinas y alcornoces. *Bol. San. Veg. Plagas* 22:491-499.