

## El decaimiento del alcornoque en Cataluña: síntomas y hongos asociados

J. Luque \*, J. Parladé, J. Pera

Dpto. Protecció Vegetal. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA).  
Centre de Cabrils, Ctra. de Cabrils s.n., 08348 Cabrils, Barcelona.

jordi.luque@irta.es

### RESUMEN

El decaimiento que afecta al alcornoque en Cataluña se caracteriza por el aspecto poco vigoroso de los árboles, cuyos síntomas más frecuentes incluyen niveles altos de clorosis, defoliación y muerte de ramillos, un menor crecimiento longitudinal de las ramas, así como la producción de hojas pequeñas. Los síntomas más frecuentes en tronco corresponden a chancros producidos por hongos y heridas debidas al descorche. Esta patología afecta de forma homogénea a individuos de diferentes clases diamétricas, hecho que indica la relativa independencia respecto de la edad de la planta. Tampoco se ha encontrado una relación clara entre el grado de la enfermedad y el descorche, y entre aquél y la exposición de las parcelas estudiadas, aunque la frecuencia más alta de árboles enfermos se observó en vertientes con orientación SO.

A partir de las prospecciones de campo realizadas en alcornocales de diversas comarcas de Cataluña, se han identificado 54 táxones fúngicos, entre los que destacan los patógenos siguientes: *Biscogniauxia mediterranea*, *Botryosphaeria stevensii*, *Phomopsis* sp., en tronco y rama; *Cystodendron dryophilum*, *Dendrophoma myriadea*, *Elsinoë quercus-ílisis* y *Lembosia quercina*, en hoja; y *Armillaria* sp. y *Phytophthora cinnamomi*, en raíz. Algunas de estas especies son particularmente abundantes en el tronco y la copa de alcornoques afectados por decaimiento, razón por la que se considera que estos patógenos contribuyen de una forma decisiva, dentro del conjunto de factores bióticos, al decaimiento de esta especie forestal.

**PALABRAS CLAVE:** *Quercus suber*  
*Biscogniauxia mediterranea*  
*Botryosphaeria stevensii*  
*Phytophthora cinnamomi*  
Hongos patógenos  
Índice de decaimiento

---

\* Autor para correspondencia  
Recibido: 2-11-00  
Aceptado para su publicación: 7-3-01

## INTRODUCCIÓN

En las últimas cinco décadas se ha detectado una pérdida de vigorosidad del alcornoque (*Quercus suber* L.) en diferentes regiones europeas y en el norte de África, fenómeno que se ha relacionado con diversos factores: épocas de sequía excepcional, condiciones edáficas desfavorables, envejecimiento de las masas, prácticas silviculturales poco adecuadas, incendios, ataques de insectos y hongos parásitos, etc. (Torres Juan, 1985; Innes, 1993; Bakry y Abourouh, 1995; El Yousfi, 1995; Muñoz *et al.*, 1996).

Jacobs *et al.* (1993), que estudiaron por primera vez el decaimiento de esta especie forestal en Cataluña, observaron que los árboles afectados se caracterizan por tener las copas poco densas, un crecimiento de ramas reducido y una presencia frecuente de chancros en el tronco. Además, estos individuos también presentan una proporción alta de raíces finas muertas y unos niveles bajos de  $Mg^{2+}$  en hoja. Por otra parte, Olivera y Colinas (1994) observaron una correlación positiva entre el grado de decaimiento del alcornoque y la existencia de veranos más cálidos y secos durante los últimos años en Cataluña.

En cuanto a la contribución de los hongos patógenos al decaimiento, los trabajos previos de Molinas y Oliva (1984), Oliva y Molinas (1984), Luque y Girbal (1989), Muñoz *et al.* (1996), Luque (1997) y Luque *et al.* (2000) destacan que los dos hongos patógenos con una mayor significación en Cataluña son *Biscogniauxia mediterranea* (de Not.) Kuntze [= *Hypoxylon mediterraneum* (de Not.) Ces. & de Not.] y *Botryosphaeria stevensii* Shoemaker (anamorfo: *Diplodia mutila* Fr. apud Mont.). También se han detectado, aunque con una frecuencia mucho menor, dos patógenos de raíz importantes: *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer y *Phytophthora cinnamomi* Rands.

El objetivo de este trabajo ha sido doble; por un lado, relacionar la sintomatología del decaimiento de *Q. suber* con las características y el aprovechamiento de cuatro parcelas experimentales establecidas en Cataluña, ampliando el estudio realizado por Jacobs *et al.* (1993) y, por el otro, determinar la micoflora asociada a los árboles afectados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Establecimiento de parcelas experimentales

En 1992 y 1993 se delimitaron cuatro parcelas experimentales de 50 × 25 m, con grados de decaimiento aparentemente distintos, en Santa Coloma de Farners (Girona, UTM 31TDG6735; parcelas 1 y 2) y Fitor (Girona, cerca de La Bisbal d'Empordà, UTM 31TEG0640; parcelas 3 y 4). Todas las parcelas pertenecían a fincas en explotación, con los últimos turnos de descorche cumplidos dentro del período 1984-1986. Las parcelas se dividieron en subparcelas de acuerdo a cambios de exposición de 10° en las mismas, y se tomaron dos muestras de suelo de cada parcela para su análisis fundamental. Se contaron e identificaron todos los árboles con un diámetro normal (DAP, a 130 cm sobre el nivel del suelo) mayor que 4 cm. Debido a que los árboles de mayor diámetro se descorchan periódicamente, en todos los análisis posteriores se operó con el DAP interior (DAP<sub>i</sub>; valor de DAP que no tiene en cuenta el espesor de la capa de corcho; estimado este último a partir de cuatro medidas por árbol obtenidas con la ayuda de un punzón y a 130 cm de altura). También se calcularon la densidad de pies de *Q. suber*, la diversidad (expresada como el porcentaje de

especies arbóreas y arbustivas distintas de *Q. suber*), la regeneración (densidad de plantas de alcornoque con alturas inferiores a 1 m), el área basimétrica y el porcentaje de árboles en explotación. En la Tabla 1 se resumen los parámetros descriptivos de las distintas parcelas. La parcela 2, en Santa Coloma, fue la de pendiente más alta, la más densa y la de mayor área basimétrica, mientras que la parcela 4, en Fitor, presentó los valores opuestos extremos en todas estas variables. En general, las parcelas de Fitor presentaron áreas basimétricas menores que las de Santa Coloma, aproximadamente la mitad, así como un índice de regeneración menor (0,4-0,7 plántulas·m<sup>-2</sup>), pero una diversidad mayor (entre el 24 y el 26 %). El DAP<sub>1</sub> medio osciló entre 12,2 y 16,1 cm, similar en todas las parcelas excepto en la 4. El porcentaje de árboles descorchados osciló entre el 26 % (parcela 2) y el 59 % (parcela 4).

**Tabla 1**  
**Características descriptivas de las cuatro parcelas estudiadas**

CARACTERÍSTICAS	PARCELA			
	1	2	3	4
<b>Topográficas</b>				
<b>Localización</b>	Santa Coloma de Farners	Santa Coloma de Farners	Fitor	Fitor
<b>Elevación (m)</b>	390	380	200	220
<b>Exposición (°)</b>	200-270 (SO-O)	220-250 (SO-O)	230-260 (O)	260-290 (O-NO)
<b>Pendiente media (°)</b>	21,2	31,3	16,6	2,6
<b>Edáficas</b>				
<b>Textura</b>	Limo-arenosa	Limo-arenosa	Franco-arcillo-arenosa	Franco-arcillosa
<b>pH</b>	5,1	4,7	5,6	5,9
<b>Disponibilidad agua (%)</b>	6,1	7,1	7,0	13,5
<b>Materia orgánica (%)</b>	1,8	3,4	2,4	4,3
<b>De la masa</b>				
<b>Densidad (pies ha<sup>-1</sup>)</b>	1120	1264	880	432
<b>Diversidad (%)</b>	11,0	20,0	23,6	26,0
<b>DAP<sub>1</sub> medio (cm)</b>	12,6	13,9	12,2	16,1
<b>Área basimétrica (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	20,0	26,2	12,8	10,9
<b>Árboles descorchados (%)</b>	26,0	33,0	30,9	59,3
<b>Regeneración (plántulas m<sup>-2</sup>)</b>	3,7	1,7	0,4	0,7

Dos personas evaluaron independientemente la presencia o ausencia de 15 síntomas en todos los árboles de cada parcela. De la copa se valoraron los siguientes: clorosis, defoliación, presencia de hojas secas, producción de hojas pequeñas, muerte de ramillos o puntisecado (*dieback*), rotura de ramas primarias y producción de brotes epicórmicos. Los restantes (presencia de exudados, heridas, chancros y fructificaciones fúngicas) se evaluaron tanto en el tronco como en la base del mismo. Después, a cada árbol se le asignó un índice de decaimiento (ID) en función del número e intensidad de los síntomas analiza-

dos, en una escala de 1 a 5 (1 = árbol sano, vigoroso y asintomático; 5 = árbol muy afectado o muerto). Posteriormente se combinaron las clasificaciones de ambos observadores, se calculó el ID medio, y se reclasificaron todos los árboles en dos categorías: *enfermos* ( $ID \geq 3,0$ ; muy afectados) y *sanos* ( $ID < 3,0$ ; poco afectados).

También se procedió a una evaluación más exhaustiva de los principales síntomas de copa. Para ello se seleccionaron al azar 20 árboles por parcela (15 enfermos y 5 sanos), y de cada uno de ellos se tomaron diversas muestras de ramas. A partir de una muestra aleatoria de 100 hojas de cada árbol se midieron los parámetros siguientes: la proporción de hojas cloróticas, el porcentaje de hojas dañadas por insectos, y los valores medios de superficie foliar (con un planímetro, modelo LI-3000; Li-Cor Inc., Lincoln, NE, EUA) y peso seco foliar. Finalmente, se midió el crecimiento longitudinal de las ramas, correspondiente a 1990 y 1991, en 10 ramillos seleccionados al azar.

### Prospecciones en alcornoques afectados

Durante el período de 1993 a 1995 se prospeccionaron diversos alcornoques de Cataluña, en los que se recolectaron principalmente muestras de árboles afectados y de suelo (Fig. 1 y Tabla 2). Las muestras se obtuvieron de un número variable de árboles por punto (entre 4 y 8, con síntomas evidentes de decaimiento) y de las distintas partes (hojas, bellotas, ramas, tronco, raíces y suelo). Las muestras se mantuvieron en refrigerador ( $4^{\circ}\text{C}$ ) y se procesaron en las 48 h posteriores a su recolección.

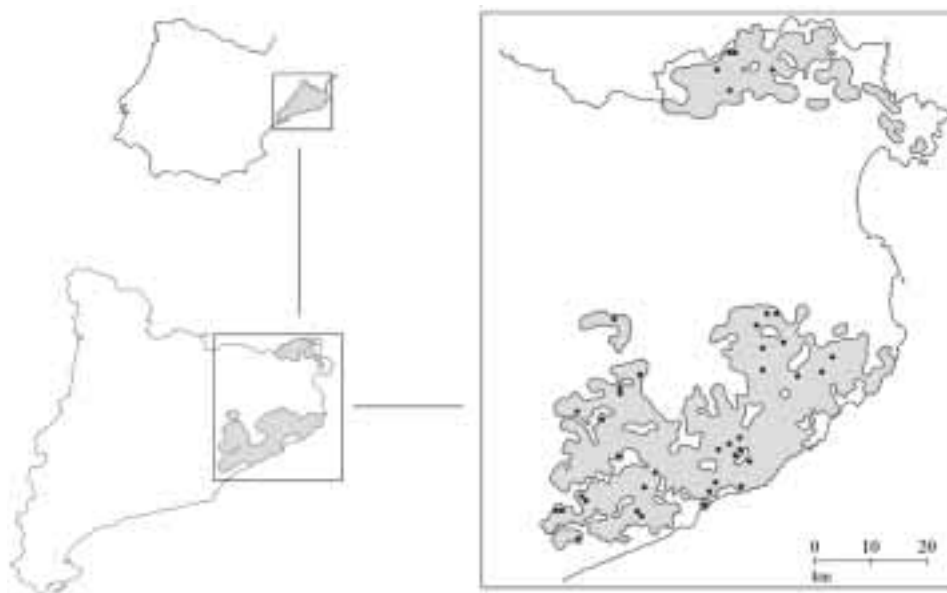


Fig. 1.—Localización de los puntos de muestreo en el área ocupada por *Quercus suber* en Cataluña

**Tabla 2**  
**Identificación geográfica de las localidades prospectadas durante el período 1993-1995 y número de puntos de muestreo respectivos**

ZONA	LOCALIDAD	PUNTOS DE MUESTREO
Les Alberes	Agullana	2
	Cantallops	1
	Darnius	2
Litoral Montnegre-Gavarres	Blanes	1
	Cabrils	1
	Fitor	2
	Fogars de Tordera	1
	Llagostera	1
	Lloret de Mar	3
	Madremanya	1
	Quart	2
	Romanyà de la Selva	1
	Sant Celoni	4
	Sant Martí Vell	1
	Sant Sadurní de l'Heura	4
	Tordera	3
	Tossa de Mar	1
	Vallgorguina	1
Vidreres	3	
Montseny-Guilleries	Amer	1
	Arbúcies	1
	Brunyola	1
	Sant Feliu de Buixalleu	2
	Santa Coloma de Farners	2

Los hongos procedentes de la parte aérea del árbol se aislaron, ya sea directamente de los cuerpos de fructificación o de fragmentos vegetales desinfectados en superficie con etanol (70°, 3 minutos), en placas de Petri con distintos medios de cultivo (agar con extracto de maíz, CMA; y agar con extracto de patata y glucosa, PDA; ambos de Difco Laboratories, Detroit, MI, EEUU). Las muestras de suelo se sometieron a la *trampa de clavel* [una modificación de la técnica de *soil baiting*; véase Tuite (1969)] para aislar *Phytophthora* y *Fusarium*. Para realizarla, las muestras de suelo (250 g peso fresco) se colocaron en recipientes de 500 ml y se cubrieron con agua destilada estéril hasta que la superficie del agua superó en 2-4 cm la superficie de la muestra sólida. Se eliminaron los restos flotantes, se depositaron pétalos de clavel (10-15) en la superficie del baño, y se procedió a la incubación de todo el conjunto a temperatura ambiente y oscuridad total. Entre seis y once días más tarde se aislaron las colonias fúngicas formadas y se procedió a su identificación. Los hongos de raíz se aislaron en medios CMA, PDA acidificado [5 ml de ácido láctico por litro de PDA, de acuerdo con Tuite (1969)] y PARP (Kannwischer y Mitchell, 1978). Para cada muestra, se tomaron unos 30 fragmentos de raíces finas (hasta 5 mm de diámetro) de 1 cm de longitud, se lavaron durante 24 h en agua corriente y después se esterizaron en superficie (etanol 70°, 1-3 minutos) como pasos previos a la siembra en placa. Todos los aislamientos se incubaron inicialmente a 25 °C y en oscuridad. Con posterioridad al desarrollo

de las colonias, se procedió a su aislamiento definitivo e identificación, mediante incubación a 25 °C y con un fotoperíodo variable de 12/12 h luz/oscuridad.

### Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SYSTAT (SYSTAT, 1992). Se usó el test de  $\chi^2$  para evaluar las relaciones entre la proporción de árboles enfermos y cada uno de los síntomas, el DAP<sub>i</sub> o la extracción del corcho. Para determinar las diferencias en el ID, el DAP<sub>i</sub> y los parámetros de la evaluación intensiva de la copa se usaron el análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Antes de los análisis se comprobó la normalidad y homocedasticidad de los valores, transformándose matemáticamente éstos en caso de necesidad.

## RESULTADOS

### Características de las parcelas

Los valores medios del índice de decaimiento difirieron significativamente entre las parcelas ( $p \leq 0,05$ ), según se expresa en la Tabla 3. El valor más bajo correspondió a la parcela 2 (2,3), mientras que el más alto a la 3 (3,2). La cantidad de árboles muertos detectados en las parcelas no superó el 1,5 % del total analizado.

**Tabla 3**  
**Índices medios de decaimiento y porcentaje de árboles afectados en relación con el descorche<sup>1</sup>**

CATEGORÍA	PARCELA				Todas
	1	2	3	4	
<b>Índice de decaimiento medio<sup>2</sup></b>					
Total	2,7 <i>b</i>	2,3 <i>a</i>	3,2 <i>c</i>	2,8 <i>b</i>	2,7
Árboles enfermos	3,4 <i>a</i>	3,2 <i>a</i>	3,7 <i>b</i>	3,4 <i>a</i>	3,5
Árboles sanos	2,2 <i>b</i>	2,0 <i>a</i>	2,2 <i>b</i>	2,2 <i>ab</i>	2,1
<b>Árboles descorchados</b>					
Enfermos (%)	73,0	30,2	67,7	28,1	48,1
Sanos (%)	27,0	69,8	32,4	71,9	51,9
<b>Árboles no descorchados</b>					
Enfermos (%)	29,1	20,0	60,5	77,3	37,3
Sanos (%)	70,9	80,0	39,5	22,7	62,7
<b>Significación [<math>p(\chi^2)</math>]</b>	$\leq 0,01$	0,15	0,48	$\leq 0,01$	0,03

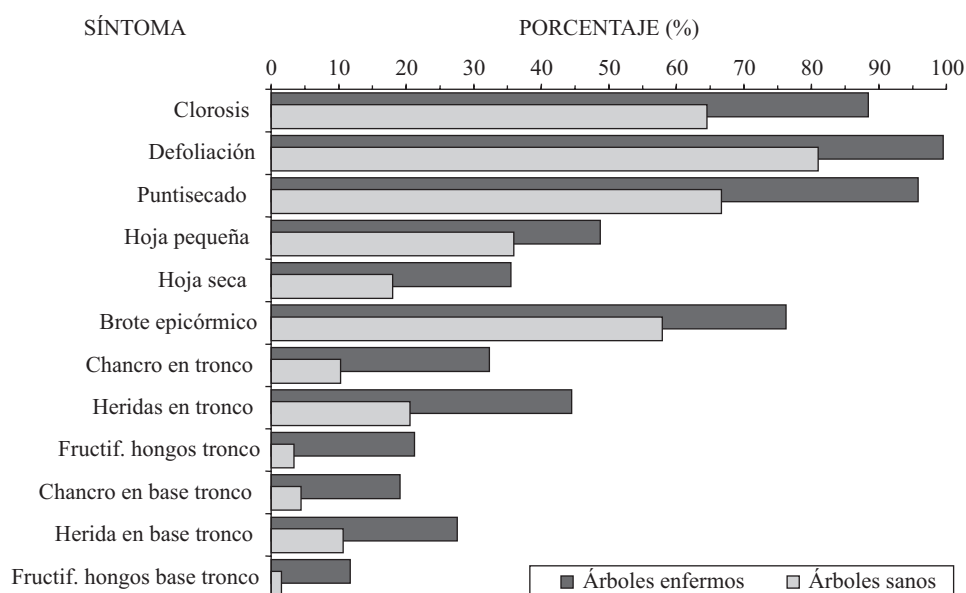
1. Número total de árboles: 189 enfermos, 273 sanos.

2. Los valores medios de cada categoría que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

El 48 % de los árboles descorchados tenían un ID  $\leq 3$ , mientras que en el conjunto de árboles no descorchados, el porcentaje de individuos enfermos fue del 37 % (Tabla 3). Esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) cuando se analizaron los datos de las cuatro parcelas conjuntamente. Sin embargo, la relación entre la extracción del corcho y la proporción de árboles enfermos fue opuesta en las parcelas 1 (73 % de los árboles descorchados con un ID  $\leq 3$ ) y 4 (sólo el 28 % de los árboles descorchados presentaron un grado alto de decaimiento).

La exposición de las parcelas y subparcelas no se relacionó con el ID ( $p = 0,17$ ), aunque el porcentaje más alto de árboles enfermos se localizó en el sector SO (46 %). Tampoco se encontró una relación directa entre el ID y el DAP<sub>1</sub> ( $p = 0,58$ ) cuando se analizaron las frecuencias de árboles enfermos dentro cada clase diamétrica (intervalo de clase: 10 cm).

En la Figura 2 se resumen las frecuencias de observación correspondientes a los síntomas estudiados. Algunos de los síntomas de copa –clorosis, defoliación, muerte de ramillos y producción de brotes epicórmicos– presentaron valores superiores al 50 % tanto en árboles sanos como enfermos. Casi la totalidad de los árboles enfermos presentaron defoliación, mientras que en los sanos la proporción equivalente fue del 81 %. En cuanto a la muerte de ramillos o puntisecado, los porcentajes respectivos fueron del 96 y 67 %. Los síntomas de tronco en las distintas parcelas se observaron entre el 21 y el 44 % de los árboles enfermos y entre el 3 y el 21 % de los sanos. Los valores respectivos para los síntomas en la base del tronco estuvieron comprendidos en los rangos del 12 al 28 % (árboles enfermos) y del 2 al 11 % (árboles sanos). La Tabla 4 resume los resultados de las



**Fig. 2.**—Porcentajes de árboles enfermos y sanos que mostraron síntomas relacionados con el índice de decaimiento (ID) de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ). Número total de árboles en las cuatro parcelas estudiadas: 189 enfermos (ID  $\geq 3$ ), 273 sanos (ID  $< 3$ ).

**Tabla 4**  
**Significación estadística de la relación entre el índice de decaimiento y diversos síntomas observados en plantas de *Quercus suber*<sup>1</sup>**

SÍNTOMA	PARCELA				
	1	2	3	4	Todas
<b>Copa</b>					
Clorosis	*	**	**	ns	**
Defoliación	*	**	**	**	**
Puntisechado	**	**	**	ns	**
Hoja pequeña	**	ns	ns	ns	**
Hoja seca	ns	*	**	ns	**
Brote epicórmico	ns	ns	**	ns	**
Rotura ramas	ns	ns	**	ns	ns
<b>Tronco</b>					
Chancros	**	ns	*	ns	**
Exudados	**	ns	ns	ns	**
Heridas	**	ns	**	ns	**
Fructificación hongos	**	ns	**	ns	**
<b>Base del tronco</b>					
Chancros	*	ns	ns	ns	**
Exudados	**	ns	ns	ns	*
Heridas	**	*	ns	ns	**
Fructificación hongos	ns	—	*	—	**

1. Número total de árboles: 189 enfermos, 273 sanos. Las probabilidades indicadas por los símbolos son, según tests de  $\chi^2$ : \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ; ns: no significativo; —: no determinado.

pruebas de  $\chi^2$  usadas para determinar la relación entre el grado de decaimiento y cada uno de los síntomas. La mayoría de los síntomas de la copa fueron significativos en las parcelas 1, 2 y 3. Por otro lado, los síntomas de tronco fueron también más frecuentes en los árboles enfermos de las parcelas 1 y 3, pero los de la base del tronco tan sólo en los individuos de la parcela 1. La defoliación fue el único factor que se relacionó de forma significativa con el porcentaje de árboles afectados en la parcela 4. Al considerar las cuatro parcelas conjuntamente, todos los síntomas, excepto la rotura de ramas, evidenciaron diferencias significativas entre árboles enfermos y sanos.

La evaluación intensiva de la copa no mostró diferencias globales significativas entre plantas sanas y enfermas en cuanto a la incidencia de clorosis y el daño debido a insectos (Tabla 5). Los valores de clorosis oscilaron entre el 5 y el 34 %, y los de daños por insectos, entre el 16 y el 58 %. Por otro lado, la superficie media de las hojas de plantas enfermas fue de 4,3 cm<sup>2</sup>, significativamente menor que la de las sanas, 5,3 cm<sup>2</sup> ( $p \leq 0,05$ ). También se encontraron diferencias en el peso seco medio; 74 mg / hoja en los árboles enfermos y 60 mg / hoja en los sanos. Sin embargo, el peso específico foliar fue similar en ambos grupos ( $p > 0,05$ ). El crecimiento de las ramas acumulado durante los años 1990 y 1991 fue significativamente mayor en los árboles sanos (10,9 cm) que en los enfermos (7,2 cm).



**Tabla 5**  
**Valores medios de diversos parámetros foliares y del crecimiento longitudinal de ramas de alcornoque con diferentes grados de decaimiento<sup>1</sup>**

PARÁMETRO	PARCELA											
	1		2		3		4		Todas			
	enfermos	sanos	enfermos	sanos	enfermos	sanos	enfermos	sanos	enfermos	sanos	enfermos	sanos
<b>Hojas</b>												
Clorosis (%)	16 a	14 a	34 a	17 a	9 a	11 a	7 a	5 a	16 a	12 a		
Daño insectos (%)	54 a	46 a	49 a	19 b	49 a	58 a	16 a	18 a	42 a	35 a		
Peso (mg/hoja)	65 b	75 a	57 a	69 a	67 a	79 a	53 b	73 a	60 b	74 a		
Superficie (cm <sup>2</sup> /hoja)	4,0 a	4,8 a	3,6 b	5,0 a	4,1 a	5,1 a	3,9 a	5,2 a	4,3 b	5,3 a		
Peso/superficie (mg cm <sup>-2</sup> )	17 a	16 a	17 a	14 a	16 a	16 a	14 a	14 a	15 a	14 a		
<b>Ramas</b>												
Crecimiento 1990-91 (cm)	7,6 b	14,1 a	9,1 b	16,7 a	7,0 a	7,4 a	5,0 a	5,3 a	7,2 b	10,9 a		

1. Los valores medios de cada parámetro en árboles enfermos (n = 15) y sanos (n = 5) de cada parcela que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Datos de porcentajes analizados con transformación arco seno y el resto no transformados.

### Prospecciones en alcornoques afectados

Las prospecciones realizadas dieron como resultado el aislamiento de unas 150 cepas fúngicas (60 % de tronco; 23 % de raíz y suelo circundante; 8 % de ramas y 8 % de hojas). Se identificaron 67 cepas, correspondientes a 39 taxones, y se determinaron 15 especies adicionales, de las que no fue posible su aislamiento en cultivo puro. En total se identificaron 54 taxones, entre los que cabe destacar una posible nueva especie de *Phoma*, según nos informó personalmente el Dr. J. de Gruyter (Plantenziektenkundige Dienst; Wageningen, Holanda). En la Tabla 6 se citan todos los taxones identificados en función de la localidad y del sustrato de procedencia. Finalmente, la Tabla 7 muestra algunas referencias previas sobre la patogenicidad de estos hongos con respecto a *Quercus suber* y a otras especies del mismo género.

**Tabla 6**  
Especies fúngicas observadas en alcornoques de Cataluña durante el período 1993-1995

Substrato	Especie <sup>1</sup>	Frecuencia (Observación-Aislamiento)	Localidades <sup>2</sup>
Tronco	<i>Acremonium</i> sp.	9-2	Bla, Bru, Dar, Lla, Mad, SCe, SCo, SFe, Tor
	<i>Acrodontium crateriforme</i>	1-1	Lla
	<i>Armillaria</i> sp.	2-1	SCe, SSa
	<i>Biscogniauxia mediterranea</i>	7-3	Bla, Fit, Mad, Rom, SFe, SMa, SSa
	<i>Botryosphaeria stevensii/Diplodia mutila</i>	22-8	Agu, Ame, Can, Dar, Fit, Lla, Llo, Mad, Qua, SCe, SCo, SFe, SMa, SSa, Tor, Val, Vid
	<i>Brachydesmiella biseptata</i>	1-1	Agu
	<i>Dactylaria purpurella</i>	6-1	Ame, Bru, Llo, Mad, Tor, Vid
	<i>Dendryphion comosum</i>	1-1	Mad
	(?) <i>Didymella</i> sp.	4-0	Ame, Mad, Tor, Vid
	<i>Endothia gyrosa/Endothiella gyrosa</i>	2-2	SCo, Val
	<i>Epicoccum nigrum</i>	1-1	SCo
	<i>Fusarium oxysporum</i>	2-2	Cab, Tor
	<i>Fusarium solani</i>	5-5	Fit, SFe, SCo, SMa, Vid
	<i>Graphium</i> sp.	9-3	Bru, Fit, Lla, SCe, SCo, SFe, Tor, Vid
	<i>Hysterium angustatum</i>	4-0	Llo, SCe, Tor, Vid
	<i>Melanomma pulvis-pyrius</i>	6-1	Agu, Ame, Bru, Dar, Lla, Tor
	<i>Melophia ophiospora</i>	3-0	Fit, Mad, SCo
	<i>Ophiostoma piceae/Graphium pirinum</i>	2-1	Qua, SFe
	<i>Pestalotiopsis</i> cf. <i>guepinii</i>	5-2	Fit, Qua, SCo, Tor
	<i>Petriella guttulata</i>	2-1	Fit, SFe
	<i>Peziza ostracoderma/Chromelosporium fulvum</i>	1-1	SCo
	<i>Phaeoisaria clematidis</i>	1-0	Ame
	<i>Phaeostalagmus tenuissimus</i>	1-1	
	<i>Phoma</i> sp.	2-0	SCe
	<i>Phoma</i> sp. nov.	2-2	Bru, Dar

**Tabla 6 (continuación)**  
**Especies fúngicas observadas en alcornoques**  
**de Cataluña durante el período 1993-1995**

Substrato	Especie <sup>1</sup>	Frecuencia (Observación- Aislamiento)	Localidades <sup>2</sup>
	<i>Phomopsis</i> sp.	1-1	SCo
	<i>Pyrenochaeta quercina</i>	2-3	SCo, Vid
	<i>Sordaria lappae</i>	1-1	SCo
	<i>Sporendocladia bactrospora</i>	1-1	SFe
	<i>Stereum hirsutum</i>	10-0	Agu, Ame, Bla, Bru, Llo, SCo, SFe, SMA, Ssa
	<i>Thyridaria macrostomoides</i>	1-1	Agu
	<i>Thyridaria minima</i>	1-0	Dar
	<i>Trichaptum bifforme</i>	2-0	SCe, SFe
	<i>Valsa</i> cf. <i>ceratosperma</i>	1-0	Qua
	<i>Verticillium</i> cf. <i>lamellicola</i>	1-1	Agu
	<i>Verticillium tenerum</i>	5-1	Fit, Lla, Mad, Ssa, Vid
<b>Rama</b>	<i>Acremonium</i> sp.	1-0	Tor
	<i>Ascodichaena rugosa/Polymorphum quercinum</i>	6-0	Agu, Fog, Llo, Mad, SFe, Ssa
	<i>Auricularia auricula-judae</i>	2-0	Mad, Ssa
	<i>Biscogniauxia mediterranea</i>	7-0	Agu, Bla, Bru, Can, Qua, SFe, Ssa
	<i>Botryosphaeria stevensii/Diplodia mutila</i>	6-1	Bla, Bru, Fit, SCo, SCo, SFe
	<i>Colpoma quercinum/Conostroma didymum</i>	5-0	Fit, Llo, SCo, SCo, Vid
	<i>Coryneum quercinum</i>	4-1	Fog, Mad, SFe
	<i>Coryneum</i> sp.	7-0	Fit, Qua, SCo, SCo, Ssa, Tos, Vid
	<i>Diatrype</i> cf. <i>stigma</i>	4-1	Agu, Dar, Fit, Qua
	(?) <i>Didymella</i> sp.	2-0	Agu, SCo
	<i>Fusarium solani</i>	1-1	Bla
	<i>Gloniopsis praelonga</i>	1-0	SCe
	<i>Helminthosporium microsorum</i>	11-1	Agu, Bru, Dar, Fit, SCo, SCo, SFe, Tor, Vid
	<i>Lentinus strigosus</i>	1-0	Ssa
	<i>Phoma</i> sp.	2-0	Agu, Llo
	<i>Phomopsis</i> sp.	2-1	Bla, Fog
	<i>Pseudovalsa longipes/Coryneum umbonatum</i>	7-1	Bla, Lla, Llo, SCo, SFe, Tor
	<i>Pseudovalsa umbonata/Coryneum depressum</i>	3-0	Agu, SCo, Tor
	<i>Splanchnonema</i> cf. <i>scoriadeum</i>	1-1	SCe
	<i>Stuartella formosa</i>	3-0	Bru, Dar, Ssa
<b>Hoja</b>	<i>Biscogniauxia mediterranea</i>	1-1	Fit
	<i>Cystodendrom dryophilum</i>	17-0	Agu, Ame, Bru, Dar, Fog, Lla, Llo, Mad, Qua, SFe, SMA, Ssa
	<i>Dendrophoma myriadea</i> <sup>3</sup>	15-3	Bru, Dar, Fit, Lla, Llo, Qua, SCo, SFe, Ssa, Tos, Vid
	<i>Elsinoë quercus-ilicis</i>	6-0	Ame, Bru, Llo, Ssa, Tos
	<i>Epicoccum nigrum</i>	1-0	Vid
	<i>Lembosia quercina</i>	11-1	Agu, Ame, Bru, Dar, Fog, Llo, SCo, Ssa, Tos
	<i>Pestalotiopsis</i> cf. <i>guepinii</i>	2-1	Fit, Tos

**Tabla 6 (continuación)**  
**Especies fúngicas observadas en alcornoques**  
**de Cataluña durante el período 1993-1995**

Substrato	Especie <sup>1</sup>	Frecuencia (Observación- Aislamiento)	Localidades <sup>2</sup>
Bellota	<i>Phomopsis quercella</i>	1-1	Arb
Raíz y suelo	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	1-1	SSa
	<i>Pythium</i> sp.	3-2	Fit, SSa, Tos

1. No se incluyen los siguientes hongos, aislados de todos los sustratos: *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp. y *Trichoderma* spp.

2. **Agu:** Agullana; **Ame:** Amer; **Arb:** Arbúcies; **Bla:** Blanes; **Bru:** Brunyola; **Cab:** Cabrils; **Can:** Cantallops; **Dar:** Darnius; **Fit:** Fitor; **Fog:** Fogars de Tordera; **Lla:** Llagostera; **Llo:** Lloret de Mar; **Mad:** Madremanya; **Qua:** Quart; **Rom:** Romanyà de la Selva; **SCe:** Sant Celoni; **SCo:** Santa Coloma de Farners; **SFe:** Sant Feliu de Buixalleu; **SMa:** Sant Martí Vell; **SSa:** Sant Sadurní de l'Heura; **Tor:** Tordera; **Tos:** Tossa de Mar; **Val:** Vallgorguina; **Vid:** Vidreres.

3. Según el Prof. B.C. Sutton (*comunicación personal*), la denominación correcta de esta especie es *Phomopsis glandicola* (Lév.) Grove. Sin embargo, se ha mantenido el nombre con el que fue identificada por primera vez sobre *Q. suber* (Marras, 1962), y usado con frecuencia posteriormente (Franceschini *et al.*, 1993; Marras *et al.*, 1995), mientras no se establezca definitivamente el estatus taxonómico de dicho hongo.

*Botryosphaeria stevensii* (anamorfo: *Diplodia mutila*) fue el hongo más frecuente en tronco (52 % de las localidades y 18 % de las observaciones), encontrándose habitualmente en chancros de árboles descorchados. *Acremonium* sp., *Graphium* sp. y *Stereum hirsutum* (Willd. : Fr.) S.F. Gray presentaron una frecuencia de observación del 8 %. Los dos primeros se aislaron tanto de tejidos vivos como necróticos, mientras que *S. hirsutum* se localizó siempre en el tronco de árboles muertos o muy debilitados, a menudo asociado a antiguos chancros de *B. stevensii*. El resto de hongos de tronco se observaron con frecuencias inferiores al 6 %. Catorce de los taxones identificados tan sólo se encontraron en una única ocasión.

Los hongos más frecuentes en rama fueron *Ascodichaena rugosa* Butin, *Biscogniauxia mediterranea*, *B. stevensii*, *Coryneum* spp. (con sus teleomorfos respectivos) y *Helminthosporium microsorum* D. Sacc. (todos ellos con una frecuencia de observación entre el 8 y el 29 %). *Ascodichaena rugosa* y *B. stevensii* se encontraron tanto en ramas vivas como muertas, aunque el primero de ellos fue más frecuente en las vivas y el segundo, en las muertas. Las especies restantes se encontraron únicamente sobre ramas muertas. De los hongos observados en hoja destacan, por su frecuencia, *Cystodendron dryophilum* (Pass.) Bubák (32 %), *Dendrophoma myriadea* (Preuss) Sacc. (28 %), *Lembosia quercina* (Ell. & G. Martin) Tracy & Earle (21 %) y *Elsinoë quercus-ilicis* (Arn.) Jenkins & Goid. (11 %).

A pesar de que se realizaron aislamientos de muestras de suelo y de raíces procedentes de 16 puntos de muestreo, tan sólo se determinaron tres taxones: *Phytophthora cinnamomi* Rands y *Pythium* sp. (2 spp.). Una de las cepas de *Pythium* se aisló de raíces, mientras que la otra y *P. cinnamomi* se aislaron del suelo circundante a las raíces mediante la trampa de clavel.

**Tabla 7**  
**Referencias previas sobre la observación y la patogenicidad de los hongos encontrados sobre *Quercus suber*<sup>1</sup>**

Especie	Observación		Patogenicidad	Referencia <sup>2</sup>
	<i>Q. suber</i>	Otros <i>Quercus</i>		
<i>Acremonium</i> sp.	+	+	?	21, 23
<i>Acrodontium crateriforme</i>	-	-	-	16
<i>Armillaria</i> sp.	+	+	+	10, 11, 21
<i>Ascodichaena rugosa</i>	+	+	+	11, 20
<i>Auricularia auricula-judae</i>	+	+	-	10, 11, 21
<i>Biscogniauxia mediterranea</i>	+	+	+	10, 11, 16, 21, 25
<i>Botryosphaeria stevensii</i>	+	+	+	11, 15, 16, 21, 23
<i>Brachydesmiella biseptata</i>	-	-	-	16
<i>Conostroma didymum</i>	-	+	+?	10, 13, 14, 23
<i>Coryneum quercinum</i>	-	+	+?	16, 22
<i>Coryneum</i> sp.	+	-	-	10, 11, 12, 21
<i>Cystodendrom dryophilum</i>	+	+	+	8, 11, 17
<i>Dactylaria purpurella</i>	-	+	-	9, 16
<i>Dendrophoma myriadea</i>	+	+	+	11, 16, 17
<i>Dendryphion comosum</i>	-	-	-	16
<i>Diatrype</i> cf. <i>stigma</i>	+	-	+	10, 11, 16
<i>Elsinoë quercus-ilicis</i>	+	+	+	11, 17
<i>Endothia gyrosa</i>	+	+	+	10, 11, 16, 21
<i>Epicoccum nigrum</i>	+	+	-	8, 21
<i>Fusarium oxysporum</i>	+	+	+	10, 21
<i>Fusarium solani</i>	+	+	+	6, 16, 21
<i>Gloniopsis praelonga</i>	-	-	?	
<i>Graphium</i> sp.	-	+	+?	11, 16, 23
<i>Helminthosporium microsorum</i>	+	+	-	8, 11, 16, 21
<i>Hysterium angustatum</i>	+	+	?	10, 21, 26
<i>Lembosia quercina</i>	+	+	+	10, 11, 16, 18
<i>Lentinus strigosus</i>	+	+	-	10, 11, 21
<i>Melanomma pulvis-pyrius</i>	-	?	-	3, 5, 16
<i>Melophia ophiospora</i>	+	?	+	24
<i>Ophiostoma piceae</i>	-	+	+?	1, 16, 23
<i>Pestalotiopsis</i> cf. <i>guepinii</i>	+	?	+?	2, 16
<i>Petriella guttulata</i>	-	-	+?	16
<i>Peziza ostracoderma</i>	-	-	?	
<i>Phaeoisaria clematidis</i>	-	-	?	
<i>Phaeostalagmus tenuissimus</i>	-	+	?	8
<i>Phoma</i> sp.	+	+	+	10, 11, 21
<i>Phomopsis quercella</i>	+	+	+?	10, 14, 16, 21
<i>Phomopsis</i> sp.	-	+	+	1, 10, 16, 23
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	+	+	+	10, 11, 16, 21, 27
<i>Pseudovalsa longipes</i>	+	+	+?	10, 11, 14, 16, 21
<i>Pseudovalsa umbonata</i>	+	+	-	10, 11, 21
<i>Pyrenochaeta quercina</i>	-	+	+?	1, 16
<i>Pythium</i> sp.	+	+	+	2, 21
<i>Sordaria lappae</i>	-	-	?	
<i>Splanchnonema</i> sp.	-	-	-	3, 4, 16
<i>Sporendocladia bactrospora</i>	-	-	+	16
<i>Stereum hirsutum</i>	+	+	-	10, 11, 21

**Tabla 7 (continuación)**  
**Referencias previas sobre la observación y la patogenicidad de los hongos encontrados sobre *Quercus suber*<sup>1</sup>**

Especie	Observación		Patogenicidad	Referencia <sup>2</sup>
	<i>Q. suber</i>	Otros <i>Quercus</i>		
<i>Stuartella formosa</i>	+	+	+	10, 19
<i>Thyridaria macrostomoides</i>	-	-	-	5, 16
<i>Thyridaria minima</i>	-	+	-	5
<i>Trichaptum bifforme</i>	+	+	?	10, 11, 21
<i>Valsa cf. ceratosperma</i>	+	+	+	10, 11, 21
<i>Verticillium tenerum</i>	-	+	+?	7, 16
<i>Verticillium sp.</i>	-	-	-	16

1. Los símbolos indican: +: sí; -: no; y?: desconocido o dudoso.

2. **1**, AA.VV. (1990); **2**, Bakry y Abourouh (1995); **3**, Barr (1979); **4**, Barr (1982); **5**, Barr (1990); **6**, Bohàr (1993); **7**, Domsch y Gams (1972); **8**, Ellis (1971); **9**, Ellis (1976); **10**, Farr *et al.* (1989); **11**, Franceschini *et al.* (1993); **12**, Jacobs *et al.* (1993a); **13**, Kehr y Wulf (1993); **14**, Kowalski (1991); **15**, Luque y Girbal (1989); **16**, Luque *et al.* (2000); **17**, Marras (1962); **18**, Marras (1963); **19**, Marras *et al.* (1993a); **20**, Marras *et al.* (1993b); **21**, Muñoz *et al.* (1996); **22**, Muthumary y Sutton (1986); **23**, Ragazzi (1993); **24**, Speer (1984); **25**, Vanini y Valentini (1994); **26**, Vidal (1989); **27**, Zentmyer (1980).

## DISCUSIÓN

Los síntomas del decaimiento de *Quercus suber* en Cataluña se manifiestan en árboles poco vigorosos, con un crecimiento anual de las ramas reducido, clorosis, defoliación, puntisecado y producción de brotes epicórmicos y hojas más pequeñas de lo habitual (Fig. 2, Tablas 3 y 4). Dichos síntomas coinciden con la descripción general del decaimiento en otras especies de *Quercus* (Griffin *et al.*, 1993; Wargo, 1993). Los síntomas más frecuentes se presentaron en la copa, aunque en el tronco y en su base también se detectaron habitualmente chancros y heridas. En estas lesiones se suelen encontrar las fructificaciones fúngicas de *Botryosphaeria stevensii* y *Stereum hirsutum*.

El decaimiento del alcornoque en Cataluña presenta un porcentaje de mortalidad relativamente bajo, si atendemos a la cifra del 1,5 % de árboles muertos contabilizados en el estudio de las parcelas y al escaso número de los mismos observado durante las prospecciones de campo. Esto contrasta fuertemente con el decaimiento de *Quercus* en otras regiones de Europa. Así, Ragazzi *et al.* (1989) apuntaron que en algunos bosques de Italia el decaimiento llegaba a afectar a la mayoría de individuos, con una mortalidad cercana al 60 % de los árboles. También es conocido el fenómeno de la «seca» de encinas y alcornoques en el SO peninsular, con focos extensos y afectaciones próximas al 100 % de los individuos (Dr. F. Vázquez, SIDT, Extremadura, *comunicación personal*).

La relación entre la mayor parte de síntomas y el grado de decaimiento fue especialmente significativa en las parcelas 1 y 3, mientras que en la parcela 4 tan sólo lo fue la defoliación. Sin descartar otras explicaciones, es probable que los resultados aparentemente contradictorios de la parcela 4 estén relacionados con algunas de las características distin-

tivas de dicha parcela, en aspectos como la densidad o los parámetros topográficos y edáficos propios (véase Tablas 1 y 3).

La evaluación intensiva de los síntomas de copa demostró que los daños en las hojas se encontraban presentes en la mayoría de árboles, tanto enfermos como sanos, aunque los valores medios oscilaron de una parcela a otra (Tabla 5). El daño causado por insectos también fue desigual; alto en las parcelas 1 y 3, y bajo en la parcela 4. Los árboles afectados por decaimiento presentaron hojas más pequeñas que los sanos; un 19 % en superficie y un 8 % en peso; de ahí que las hojas de árboles enfermos tuvieran un peso específico más alto, aunque la diferencia no fuera significativa. Landsberg (1990) observó un fenómeno similar en *Eucalyptus blakelyi* Maiden; en respuesta a distintos estreses ambientales, el peso específico foliar de plantas afectadas por puntisechado era mayor que el de las plantas sanas.

Los indicadores del decaimiento más representativos son aquellos que integran el vigor de la planta a largo plazo, como por ejemplo el puntisechado (Allen *et al.*, 1992) y el crecimiento de los ramillos. En este trabajo se ha observado una relación significativa entre puntisechado y decaimiento (Tabla 4 y Fig. 2). Por otro lado, los alcornoques afectados presentaron un crecimiento longitudinal de las ramas inferior al de las plantas sanas (Tabla 5). Este hecho fue especialmente notable en las parcelas de Santa Coloma.

No se encontró ninguna relación clara entre el grado de la enfermedad y la exposición de las parcelas, aunque la frecuencia más alta de árboles enfermos se encontró en las subparcelas orientadas a SO. Starkey *et al.* (1989), en un estudio sobre el decaimiento de los robles de regiones centro-meridionales de los EE.UU., encontraron que el porcentaje más alto de árboles afectados se concentraba en las exposiciones NO y O.

No fue posible establecer una relación firme entre el descorche y el decaimiento, ya que se observaron resultados contradictorios. Mientras que los valores globales indican la existencia de un mayor porcentaje de plantas enfermas dentro del grupo de árboles descorchados, los porcentajes respectivos de cada una de las parcelas muestran tendencias discordantes.

El descorche tiene dos efectos importantes que podrían explicar su posible relación con el decaimiento. Por un lado, deja en contacto con el exterior una superficie por la cual el árbol pierde una gran cantidad de agua. El estrés, que puede perdurar durante algunos días –mientras se secan los tejidos externos y se recupera el flujo normal de agua por el tronco–, afecta negativamente al estado fisiológico de la planta. Werner y Correia (1996), que estudiaron los efectos de la extracción del corcho sobre las relaciones hídricas y la eficiencia del aparato fotosintético de *Q. suber*, observaron que el descorche conlleva, además de una pérdida de agua importante, una reducción significativa de la eficiencia fotosintética. La caída de la actividad del aparato fotosintético supone una menor disponibilidad de metabolitos para la planta y un consecuente debilitamiento. Por otro lado, el descorche deja la vía libre –temporalmente– a las infecciones de organismos parásitos. El hecho de que la extracción del corcho se lleve a cabo en los meses de verano, y que el tronco descorchado presente un contenido alto en agua y nutrientes, ofrece unas condiciones óptimas para la infección y la colonización patógenas. Esta suposición se ve confirmada con la observación de una mayor cantidad de fructificaciones fúngicas en el tronco de árboles descorchados y enfermos (como ocurre en el caso de *B. stevensii*).

Los 54 taxones fúngicos identificados durante la realización de este trabajo comprenden dos oomicetos, 21 ascomicetos, cinco basidiomicetos y 26 deuteromicetos (Tabla 7). Treinta y nueve de las especies ya habían sido encontradas anteriormente sobre otros

*Quercus* y 31 de ellas específicamente sobre *Q. suber*. De los 23 taxones encontrados por primera vez sobre alcornoque, tan sólo ocho de ellos ya habían sido observados anteriormente en otras especies de *Quercus*.

Franceschini *et al.* (1993) recopilaron, en un trabajo muy exhaustivo, todas las citas de hongos asociados a *Q. suber*. Los autores listaron unos 300 taxones, entre ellos 58 ascomicetos, 141 basidiomicetos y 73 deuteromicetos. Por otra parte, Muñoz *et al.* (1996) identificaron, en prospecciones realizadas en diversos alcornocales españoles, más de 110 hongos (24 ascomicetos, 42 basidiomicetos y 45 deuteromicetos). Ambos trabajos recogen algunas referencias sobre la patogenicidad de dichas especies. Por otra parte, Marras *et al.* (1995) estimaron que el número de especies patógenas de *Q. suber* se sitúa alrededor de un centenar, si bien la mayoría de ellas son consideradas como patógenas secundarias. El número de patógenos más representativos se acerca a la veintena. En los alcornocales de Cataluña hemos detectado la presencia de diez de ellos: *Ascodichaena rugosa*, *Biscogniauxia mediterranea*, *Botryosphaeria stevensii* y *Stuartella formosa*, en tronco y rama; *Cystodendron dryophilum*, *Dendrophoma myriadea*, *Elsinoë quercus-ilicis* y *Lembosia quercina*, en hoja; y *Armillaria* sp. y *Phytophthora cinnamomi*, en raíz. A este conjunto debemos añadir dos especies citadas por primera vez en este trabajo, *Sporendocladia bactrospora* (Kendrick) M. Wingfield y *Phomopsis* sp., cuya patogenicidad ha quedado demostrada recientemente (Luque *et al.*, 2000).

En cuanto a los patógenos de tronco y de rama, debemos destacar especialmente *B. mediterranea* y *B. stevensii*. Según diversos autores (Torres Juan, 1985; Vannini y Valentini, 1994), *B. mediterranea* actúa como un patógeno secundario o de debilidad; es relativamente abundante en Cataluña y se puede encontrar tanto en tronco como en rama (Oliva y Molinas, 1984; Vidal, 1989). Sus fructificaciones, el *chancro carbonoso*, son muy evidentes; normalmente aparecen en las ramas de ejemplares adultos poco vigorosos, o en el tronco, cuando se trata de árboles dominados. Esta especie también se ha aislado, aunque en una sola ocasión, de hojas parcialmente cloróticas pertenecientes a un árbol aparentemente sano. Este hecho podría corresponderse con un primer estadio de la infección de este patógeno, fenómeno que, por otra parte, ha sido observado con cierta frecuencia (Prof. A. Franceschini, Univ. Sassari, Italia, *comunicación personal*). *Botryosphaeria stevensii* es un patógeno muy virulento que afecta al alcornoque y a otros *Quercus* (Vajna, 1986; Luque y Girbal, 1989). Se encuentra presente tanto en ramillos –causando su muerte– como en el tronco de árboles descorchados, en los que causa chancros que pueden llevar hasta la muerte de la planta. *Stereum hirsutum*, agente causal de la pudrición de la madera, también es muy frecuente, en especial sobre árboles muertos o muy debilitados y, en ocasiones, acompañando los chancros de *B. stevensii*.

Los cuatro hongos patógenos de hoja, *C. dryophilum*, *D. myriadea*, *E. quercus-ilicis* y *L. quercina* son muy abundantes en los alcornocales catalanes. Marras *et al.* (1995) consideran que *C. dryophilum* y *L. quercina* son los más virulentos de todos ellos.

*Armillaria mellea* y *P. cinnamomi* son los patógenos de raíz más importantes de *Q. suber*. Ambas especies parecen tener un impacto bajo en Cataluña, atendiendo a la baja frecuencia de observación (Tabla 6). El micelio de *Armillaria* se detectó en dos ocasiones, sin fructificación. No se pudo determinar la especie, aunque, según Vidal (1989), la más abundante en Cataluña es *A. mellea*. *Phytophthora cinnamomi* tan sólo se aisló en una ocasión, y además, del suelo circundante a las raíces.

Las prospecciones de campo han proporcionado una recopilación numerosa de especies fúngicas, la mayoría de las cuales abundan en el tronco de árboles descorchados. Pa-



rece indudable que la extracción del corcho proporciona un substrato propicio para la colonización de hongos saprófitos y parásitos, y esto sugeriría una relación directa entre el descorche y el decaimiento, como también se ha indicado en otras ocasiones (Natividad, 1990; Muñoz *et al.*, 1996). Probablemente, el efecto combinado de los hongos que habitan en las diferentes partes de *Q. suber* contribuye a la disminución de la vigorosidad de los árboles y a la reducción de la densidad de la copa, síntomas claros del decaimiento.

## CONCLUSIONES

El decaimiento del alcornoque en Cataluña se manifiesta en árboles de aspecto poco vigoroso, con niveles variables de clorosis, defoliación, muerte de ramillos (puntisechado o *dieback*), crecimiento reducido de las ramas y producción de brotes epicórmicos y hojas pequeñas. En el tronco, los síntomas se observan mayoritariamente en árboles descorchados, que en conjunto presentan un índice de decaimiento mayor. En estos árboles abundan las heridas, a menudo debidas al propio descorche, y los chancros producidos por hongos. Esta patología afecta de forma homogénea a individuos de diferentes clases diamétricas, hecho que indica la relativa independencia respecto a la edad de la planta. Tampoco se ha observado una relación clara entre exposición del terreno y grado de decaimiento, si bien el porcentaje mayor de árboles afectados se encuentra en las vertientes orientadas al SO.

Se han determinado 54 especies de hongos, la mayoría de las cuales se han observado en ramas y tronco. Las especies más abundantes han resultado ser *Ascodichaena rugosa*, *Biscogniauxia mediterranea*, *Botryosphaeria stevensii*, diversas especies de *Pseudovalsa-Coryneum*, *Cystodendron dryophilum*, *Dendrophoma myriadea*, *Elsinoë quercus-ilicis*, *Helminthosporium microsorum*, *Lembosia quercina* y *Stereum hirsutum*. Dos patógenos de raíz relativamente comunes en otros alcornoques de la península, *Armillaria* sp. y *Phytophthora cinnamomi*, se han detectado muy raramente en Cataluña. Algunas de las especies patógenas son particularmente abundantes en el tronco y copa de alcornoques afectados por decaimiento. Este hecho resalta la importancia de dichos hongos en el conjunto de factores bióticos causantes del decaimiento.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la dotación de una beca predoctoral otorgada al primero de los autores por parte de la Direcció General per a Universitats i Recerca, de la Generalitat de Catalunya, durante el período 1994-1997.

## SUMMARY

### **Cork oak decline in Catalonia: Symptoms and related fungi**

The cork oak decline in Catalonia is characterised by low vigour of the trees. Most frequent symptoms are trunk cankers caused by fungi, trunk wounds due to bark-stripping, dieback, reduced branch growth, epicormic shooting, defoliation, low leaf surface area, and chlorosis. No significant differences in decline index were de-

tected among trees of different diameter classes, indicating an homogeneous incidence of the disease unrelated to plant age. Moreover, there is not a clear relationship between plot orientation and decline, although the greatest percentage of diseased trees was found in southwest-facing expositions.

Fifty-four fungal taxa were recorded after field surveys carried out in several cork oak forests. Several pathogenic fungi were identified: *Biscogniauxia mediterranea*, *Botryosphaeria stevensii*, *Phomopsis* sp., in branch and trunk; *Cystodendron dryophilum*, *Dendrophoma myriadea*, *Elsinoë quercus-ilicis* and *Lembosia quercina*, in leaves; and *Armillaria* sp. and *Phytophthora cinnamomi*, in roots. Some of these fungal species were especially abundant in the aerial parts of declined trees, thus remarking the importance of cork oak pathogens as a contributory factor to the decline of this forest species.

**KEY WORDS:** *Quercus suber*  
*Biscogniauxia mediterranea*  
*Botryosphaeria stevensii*  
*Phytophthora cinnamomi*  
 Pathogenic fungi  
 Decline index

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AA.VV., 1990. Oak decline and the status of *Ophiostoma* spp. on oak in Europe. OEPP/EPPO Bull. 20, 405-422.
- ALLEN D.C., BAUCE E., BARNETT C.J., 1992. Sugar maple declines. Causes, effects, and recommendations. En: Forest Decline Concepts. Manion, P.D., Lachance, D., eds. APS Press, St. Paul, pp. 123-136.
- BAKRY M., ABOUROUH M., 1995. Dépérissement du chêne-liège au Maroc: état des connaissances et perspectives. IOBC/WPRS Bull. 18, 50-55.
- BARR M.E., 1979. A classification of Loculoascomycetes. Mycologia 71, 935-957.
- BARR M.E., 1982. On the *Pleomassarariaceae* (Pleosporales) in North America. Mycotaxon 15, 349-383.
- BARR M.E., 1990. *Melanommatales* (Loculoascomycetes). North American Flora, Series II, Vol. 13. The New York Botanical Garden, Nueva York, 129 pp.
- BOHÀR G., 1993. *Fusarium solani* causing sapstreak in sessile and pedunculate oaks. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N., Lerario, P., Vannini, A., eds. Tip. Radio. Putignano (Italia), pp. 39-47.
- DOMSCH K.H., GAMS W., 1972. Fungi in agricultural soils. Longman, Londres, 290 pp.
- EL YOUSFI M., 1995. Les contraintes exercées sur le chêne-liège au Maroc. Exemple de La Mamora. IOBC/WPRS Bull. 18, 43-49.
- ELLIS M.B., 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew, 608 pp.
- ELLIS M.B., 1976. More dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew, 507 pp.
- FARR D.F., BILLS G.F., CHAMURIS G.P., ROSSMAN A.Y., 1989. Fungi on plant and plant products in the United States. APS Press, St. Paul, 1252 pp.
- FRANCESCHINI A., MARRAS F., SECHI C., 1993. Funghi segnalati sulla quercia da sughero (*Quercus suber* L.). Collana Biologica 3. Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania, 138 pp.
- GRIFFIN D.H., MANION P.D., KRUGER B.M., 1993. Mechanisms of «disease» predisposition by environmental stress. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N., Lerario, P., Vannini, A., eds. Tip. Radio. Putignano (Italia), 123-138.
- INNES J.L., 1993. Forest health: its assessment and status. CAB International, Wallingford, 677 pp.
- JACOBS K.A., ÁLVAREZ I.F., LUQUE J., 1993. Association of soil, site and stand factors with decline of *Quercus suber* in Catalonia, Spain. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N., Lerario, P., Vannini, A., eds. Tip. Radio. Putignano (Italia), 193-203.
- KANNWISCHER M.I., MITCHELL D.J., 1978. The influence of a fungicide on the epidemiology of black shank of tobacco. Phytopathology 68, 1760-1765.
- KEHR R.D., WULF A., 1993. Fungi associated with above-ground portions of declining oaks (*Quercus robur*) in Germany. Eur. J. For. Path. 23, 18-27.
- KOWALSKI T., 1991. Oak decline: I. Fungi associated with various disease symptoms on overground portions of middle-aged and old oak (*Quercus robur* L.). Eur. J. For. Path. 21, 136-151.
- LANDSBERG J., 1990. Dieback of rural eucalypts: the effects of stress on the nutritional quality of foliage. Aust. J. Ecol. 15, 97-107.

- LUQUE J., 1997. Biología i etiologia de fongs patògens de l'alzina surera a Catalunya. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- LUQUE J., GIRBAL J., 1989. Dieback of cork oak (*Quercus suber*) in Catalonia (NE Spain) caused by *Botryosphaeria stevensii*. Eur. J. For. Path. 19, 7-13.
- LUQUE J., PARLADÉ J., PERA J., 2000. Pathogenicity of fungi isolated from *Quercus suber* in Catalonia (NE Spain). For. Path. 30, 247-263.
- MARRAS F., 1962. Contributi alla patologia della Quercia da sughero (*Quercus suber* L.) II. Malattie fogliari causate da funghi parassiti in Sardegna. Memoria Stazione Sperimentale del Sughero, Vol. 3. Tip. Gallizi, Sassari, 87 pp.
- MARRAS F., 1963. Contributi alla patologia della Quercia da sughero (*Quercus suber* L.) IV. Ticchiolatura delle foglie *Morenoella quercina* (Ell. et Mart.) Theiss. Memoria Stazione Sperimentale del Sughero, Vol. 7. Tip. Gallizi, Sassari, 15 pp.
- MARRAS F., FRANCESCHINI A., MADDAU L., 1993a. Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardinia (Italy). I. A bark parasite: *Stuartella formosa* Fabre. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N., Lerario, P., Vannini, A., eds. Tip. Radio. Putignano (Italia), 247-253.
- MARRAS F., FRANCESCHINI A., MADDAU L., 1993b. Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardinia (Italy). III. *Ascodichaena rugosa* Butin. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N., Lerario, P., Vannini, A., eds. Tip. Radio. Putignano (Italia), 261-268.
- MARRAS F., FRANCESCHINI A., MADDAU L., 1995. Les principales maladies du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne (Italie). IOBC/WPRS Bull. 18, 8-13.
- MOLINAS M.L., OLIVA M., 1984. Aislamiento de *Phytophthora* de Bary de alcornoques afectados de escaldado (1). Boletín Estación Central Ecología ICONA 13, 25-28.
- MUÑOZ M.C., COBOS P., MARTÍNEZ G., SOLDEVILLA C., DÍAZ M., 1996. Micoflora y patología del alcornoque (*Quercus suber* L.). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 328 pp.
- MUTHUMARY J., SUTTON B.C., 1986. *Coryneum quercinum* sp. nov. on *Quercus alba* from India. Trans. Br. Mycol. Soc. 86, 512-515.
- NATIVIDADE J.V., 1990. *Subericultura*. 2a ed., Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa, 387 pp.
- OLIVA M., MOLINAS M.L., 1984. Incidencia de *Hypoxyton mediterraneum* en los alcornoques gerundenses. Boletín Estación Central Ecología ICONA 13, 9-16.
- OLIVERA A., COLINAS C., 1994. Observaciones sobre la posible correspondencia entre la evolución climática y el decaimiento de los alcornoques. En: Actas del VII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Sitges, 18-21 octubre 1994. Sociedad Española de Fitopatología, p. 52.
- RAGAZZI A., 1993. The role of microorganisms, viruses and MLO in oak-decline: present knowledge in Europe and future prospects. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N., Lerario, P., Vannini, A., eds. Tip. Radio. Putignano (Italia), 11-21.
- RAGAZZI A., DELLAVALLE I., MESTURINO L., 1989. The oak decline: A new problem in Italy. Eur. J. For. Path. 19, 105-110.
- SPEER E.O., 1984. *Melophia ophiospora* (Lév.) Sacc. *mutatis characteribus*, champignon phellophage sur le chêne-liège. Mycotaxon 21, 235-240.
- STARKEY D.A., OAK S.W., RYAN G.W., TAINTER F.H., REDMOND C., BROWN H.D., 1989. Evaluation of oak decline areas in the South. Protection Report R8-PR 17. USDA, Forest Service, 36 pp.
- SYSTAT, 1992. SYSTAT for Windows: Statistics, Version 5 Edition. SYSTAT Inc., Evanston, 750 pp.
- TORRES JUAN J., 1985. El *Hypoxyton mediterraneum* (De Not.) Mill. y su comportamiento en los encinares y alcornoques andaluces. Boletín Servicio Plagas 11, 185-191.
- TUITE J., 1969. Plant pathological methods. Fungi and bacteria. Burgess, Minneapolis, 239 pp.
- VAJNA L., 1986. Branch canker and dieback of sessile oak (*Quercus petraea*) in Hungary caused by *Diplodia mutila*. I. Identification of the pathogen. Eur. J. For. Path. 16, 223-229.
- VANNINI A., VALENTINI R., 1994. Influence of water relations on *Quercus cerris*-*Hypoxyton mediterraneum* interaction: a model of drought-induced susceptibility to a weakness parasite. Tree Physiol. 14, 129-139.
- VIDAL J.M., 1989. Fongs sapròfits de les suredes catalanes: possibles indicadors del grau d'estrès. Scientia Gerundensis 15, 201-204.
- WARGO P.M., 1993. Multiple factors in oak decline in the United States. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N., Lerario, P., Vannini, A., eds. Tip. Radio. Putignano (Italia), 1-9.
- WERNER C., CORREIA O., 1996. Photoinhibition in cork-oak leaves under stress: Influence of the bark-stripping on the chlorophyll fluorescence emission in *Quercus suber* L. Trees 10, 288-292.
- ZENTMYER G.A., 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. APS Press, St. Paul, 96 pp.