

IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ECTOMICORRIZAS
DE *QUERCUS ILEX* L. SUBSP. *BALLOTA* (DESF.) SAMP. EN UNA
ZONA QUEMADA Y UNA ZONA SIN ALTERAR DEL CARRASCAL
DE NAZAR (NAVARRA)

DE ROMÁN, M. y DE MIGUEL, A.M.

Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, 31080
Pamplona, España.

RESUMEN

DE ROMÁN, M. y DE MIGUEL, A.M. (2000). Identificación y descripción de las ectomicorrizas de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. en una zona quemada y una zona sin alterar del carrascal de Nazar (Navarra). *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 13: 2-42.

Desde 1998, se ha llevado a cabo un estudio de campo en un bosque de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. situado en Nazar (Navarra, España). El objetivo de este estudio es la comparación cualitativa y cuantitativa de los tipos de ectomicorrizas que han sido descritos e identificados en una zona quemada y una zona control de este carrascal. Así, se pretende paliar la escasez de conocimiento en el tema de las ectomicorrizas asociadas con la carrasca en condiciones naturales, ya que la mayoría de los trabajos publicados están relacionados con la truficultura o la micorrización inducida en vivero.

Palabras clave: *Quercus ilex*; ectomicorrizas; identificación; morfología; *Tuber melanosporum*; fuego.

SUMMARY

DE ROMÁN, M. y DE MIGUEL, A.M. (2000). Identification and description of the *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. ectomycorrhizae in a burned site and in a non-disturbed one of the evergreen oak of Nazar (Navarra). *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 13: 2-42.

Since 1998, a field study has been undertaken in a *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. forest located in Nazar (Navarra, Spain). This study aims to establish a qualitative and quantitative comparison between the ectomycorrhizal morphotypes which have been collected, described and identified in a burned site and in a non-disturbed one within this forest. Thus, this study aims to contribute to the knowledge of the ectomycorrhizae associated with evergreen oak in field conditions, because most of the studies on evergreen oak ectomycorrhizae are related to truffle growing or artificial mycorrhization in the nursery.

Key words: *Quercus ilex*; ectomycorrhizae; identification; morphology; *Tuber melanosporum*; fire.

INTRODUCCIÓN

El término micorriza designa la asociación simbiótica entre un hongo y una raíz de una planta en la que ambos seres se benefician (Smith & Read, 1997).

Frank, en 1885, al describir la estructura y el funcionamiento de la relación simbiótica que se establecía entre un hongo y la raíz de una planta, fue el primero en utilizar este término derivado del griego. Postuló que esta simbiosis era mutualista, puesto que ambos seres se beneficiaban de tal asociación, y que estaba muy extendida en el reino vegetal.

En 1973, Lewis confirmó que esta relación es positiva para ambos seres: el micelio del hongo se extiende dentro de la planta hospedante y en el substrato, de manera que los componentes inorgánicos del medio pasan a la planta a través del hongo, y los componentes orgánicos de la planta pasan directamente al hongo.

La gran mayoría de gimnospermas y angiospermas, entre ellas muchas de las especies de interés forestal, agrícola y ornamental, establecen algún tipo de simbiosis micorrícica. Solamente algunas familias, como las Crucíferas, Quenopodiáceas y Ciperáceas, incluyen especies que no forman micorrizas. Por su parte, los hongos capaces de formar una asociación de este tipo pertenecen a las subdivisiones Ascomycotina, Basidiomycotina y Zygomycotina (Honrubia *et al.*, 1992).

Diversos estudios han demostrado que la misma especie de planta se desarrolla mejor y más rápido cuando está micorrizada que cuando no lo está, y que incluso las micorrizas pueden llegar a ser imprescindibles para la supervivencia de las plantas, ya

sea en condiciones normales, o en procesos de colonización de nuevos ambientes (Mikola, 1973; Allen, 1991).

Por otra parte, la dependencia del hongo con respecto de la planta no está tan clara, aunque se ha observado que algunos hongos micorrícicos no son capaces de desarrollarse en cultivo puro, de lo cual se deduciría que necesitan estar asociados con una planta para crecer (Allen, 1991).

Los beneficios que ambos seres obtienen con esta asociación simbiótica son muchos. El aumento del volumen de suelo prospectado y de la superficie de absorción gracias al micelio del hongo favorece la captación de agua y nutrientes minerales, sobre todo fósforo y nitrógeno. De esta forma, la planta es capaz de fotosintetizar más deprisa, y su producción de biomasa aumenta de forma considerable. La planta también se ve protegida de la entrada de patógenos, y aumenta su resistencia a las enfermedades. Por su parte, el hongo obtiene los compuestos orgánicos que no es capaz de producir por sí mismo debido a su condición de ser heterótrofo (Honrubia *et al.*, 1992).

La identidad de los simbioses influye directamente en la estructura y la función de la micorriza formada, pero también hay que tener en cuenta que las asociaciones micorrícicas presentan una estructura, desarrollo y función muy variadas incluso dentro del mismo tipo de micorriza.

En un principio, Frank describió dos grandes tipos de micorrizas: las endomicorrizas, en las que el micelio del hongo penetra dentro de las células de la raíz, y las ectomicorrizas, en las que el micelio crece por los espacios intercelulares, pero sin llegar nunca a atravesar las paredes de las células.

Actualmente, se reconocen siete tipos diferentes de micorrizas, descritos a continuación. La Tabla 1 (tomada de Honrubia *et al.*, 1992) es un resumen de sus características principales.

	Tipos de micorrizas						
	Mícor. vesic. arbusculares	Ectomico.	Ectendom.	Arbutoides	Monotrop.	Ericoides	Micorrizas de orquídeas
Hongos septados	-	+	+	+	+	+	+
Hongos aseptados	+	(+)	-	-	-	-	-
Hifas en el interior de las células corticales	+	-	+	+	+	+	+
Presencia de manto fúngico	-	+	+ ó -	+	+	-	-
Red de Hartig	-	+	+	+	+	-	-
Hifas en forma de tirabuzón (coils) en el interior de las células	+	-	+	+	-	+	+
Haustorios dicotómicos	+	-	-	-	-	-	-
Haustorios no dicotómicos	-	-	-	-	+	-	+ ó -
Vesículas en el interior de las células	+ (o no)	-	-	-	-	-	-
Hongos simbioses	Zigomicetos	Basidiomic.	Basidiomic.	Basidiomic.	Basidiomic.	Ascomic.	Basidiomic.
		Ascomicetos	Ascomicetos?			(Basidiomic.)	
		Zigomicetos					
Hospedantes	Briófitos	Gimnosper.	Gimnosper.	Ericales	Monotropac.	Ericales	Orchidaceae
	Pteridófitos	Angiosper.	Angiosper.				
	Gimnosper.						
	Angioper.						

Tabla 1. Tipos de micorrizas según Harley y Harley (1987). Tomada de Honrubia *et al.* (1992).

1. Ectomicorrizas

Formadas por hongos Ascomycotina y Basidiomycotina, y por el 3-5% del total de especies de gimnospermas y angiospermas. A pesar del aparente bajo porcentaje de plantas capaces de constituir esta asociación, cabe resaltar su importancia no sólo debido al interés forestal de las plantas que la forman, sino también al interés económico y gastronómico de los hongos que intervienen. El micelio del hongo rodea la raíz formando un manto fúngico, y las hifas se desarrollan por los espacios intercelulares formando la llamada red de Hartig. Es frecuente la aparición de otras estructuras externas tales como cistidios, hifas que emanan o rizomorfos. La detección de las ectomicorrizas es relativamente sencilla gracias al cambio morfológico que sufre la raíz.

2. Micorrizas vesículo-arbusculares o endomicorrizas

Debidas a la asociación de hongos Zygomycotina del orden Glomales con el 90% del total de especies de gimnospermas y angiospermas, lo que las hace las más extendidas en el reino vegetal. En ellas, las hifas del hongo se desarrollan tanto entre los espacios intercelulares como dentro de las células corticales de la raíz, produciendo arbusculos y vesículas. Al no producirse ningún cambio en la morfología de la raíz, es necesaria la tinción para su detección.

3. Ectendomicorrizas

Poseen una combinación de caracteres de los dos primeros tipos. Las hifas penetran dentro de las células formando tirabuzones, pero también presentan red de Hartig y, en muchos casos, un manto que envuelve la raíz.

4. Micorrizas arbutoides

Propias del orden Ericales. Por lo demás, su estructura es similar a la de las ectendomicorrizas, es decir, poseen tirabuzones, red de Hartig y manto fúngico.

5. Micorrizas monotropoides

Exclusivas de la familia Monotropaceae. Presentan haustorios intracelulares no ramificados, red de Hartig y manto.

6. Micorrizas ericoides

También aparecen únicamente en Ericales, pero, a diferencia de las micorrizas arbutoides, no presentan ni manto ni red de Hartig, aunque sí desarrollan hifas intracelulares en forma de tirabuzón.

7. Micorrizas orquidoides

Características de Orchidaceae. Sin manto ni red de Hartig, pero con tirabuzones dentro de las células del córtex radical.

A pesar de esta clasificación tan exhaustiva, las ectomicorrizas y endomicorrizas siguen siendo los tipos más conocidos y estudiados. Este trabajo se centra en el estudio de las ectomicorrizas, por lo que a partir de ahora nos referiremos únicamente a este tipo de asociación.

Para que se forme una ectomicorriza es imprescindible la existencia de raíces secundarias jóvenes que crezcan despacio para posibilitar la toma de contacto y la colonización de la raíz por el micelio del hongo (Brundrett *et al.*, 1996). Quizá por eso, las ectomicorrizas son raras en climas tropicales, donde el desarrollo y crecimiento de las plantas son más rápidos. Por el contrario, están presentes sobre

todo en coníferas de regiones boreales y alpinas, y en bosques de latifolios de regiones templadas y mediterráneas (Brundrett *et al.*, 1996).

En los últimos años, el volumen de estudios realizados sobre ectomicorrizas ha aumentado considerablemente. No obstante, la mayoría de ellos se centran en especies de coníferas de zonas templadas o boreales de América del Norte (Danielson, 1983) o del Norte y Centro de Europa (Le Tacon *et al.*, 1992; Dahlberg *et al.*, 1997). Hay una importante escasez de estudios sobre especies de latifolios, y más aún en la región mediterránea, aunque hay varios grupos que llevan a cabo una investigación pionera en este tema (Azul & Freitas, 1999; Cartié *et al.*, 1996; Duñabeitia *et al.*, 1996; Fernández de Ana & Rodríguez, 1992; Honrubia *et al.*, 1992; Manjón *et al.*, 1994; Rodríguez *et al.*, 1997; Sáez & Miguel, 1995).

Además, la mayor parte de la investigación se ha centrado en experimentos de micorrización artificial de plántulas en vivero (Chevalier & Delmas, 1976; Branzanti & Zambonelli, 1989; Timonen, 1997; Meotto *et al.*, 1995), o en el seguimiento de la evolución en campo de plántulas micorrizadas con especies de hongos tan apreciados como la trufa negra (Etayo & Miguel, 1998; Miguel & Sáez, 1997), o en estudios de la ecología de hongos ectomicorrícicos en campo, pero siempre basados en los cuerpos fructíferos (Baar, 1996).

Es obvio que es necesario un estudio de la diversidad y la ecología de las ectomicorrizas en condiciones naturales, aunque sea una tarea laboriosa y complicada. Por ello, se ha considerado que sería interesante realizar un estudio de identificación y descripción de las especies de ectomicorrizas que aparecen asociadas de forma natural a un árbol tan característico de la región mediterránea como es la carrasca, *Quercus ilex* (L.) subsp. *ballota* (Desf.) Samp.

Un problema común a toda la región mediterránea, cubierta en una gran superficie por carrascales, como ya se ha dicho, es el riesgo de incendios (Torres & Honrubia, 1994). A menudo es necesario llevar a cabo prácticas de reforestación para acelerar la regeneración de los bosques y frenar la erosión. Ya se ha señalado anteriormente que la asociación micorrícica facilita la colonización de nuevos ambientes o de zonas que han sufrido una alteración. Según esto, si las plántulas que se van a utilizar en la reforestación se micorrizaran artificialmente en vivero, se podría conseguir una mayor supervivencia y un crecimiento más rápido de estas plántulas, logrando así una mejor regeneración de la zona perturbada (Allen, 1992).

También es cierto que no todos los hongos funcionan igual en un ambiente determinado, y que hay especies mejor adaptadas a ciertos ambientes (Mikola, 1973; Honrubia *et al.*, 1992). Por ello, sería interesante conocer qué hongos micorrizógenos son capaces, por una parte, de resistir perturbaciones como el fuego, y por otra, de

colonizar de forma más exitosa zonas afectadas por esta alteración, todo ello aplicado a la región mediterránea y a sus especies vegetales características.

Así, al integrar los dos aspectos comentados anteriormente, se ha planteado realizar el estudio morfológico de las especies de ectomicorrizas propias de la carrasca en dos zonas, una que se vió afectada por un incendio ocurrido en 1993, en la que las carrascas han comenzado a rebrotar, y otra, próxima a la anterior, con árboles maduros que no han sufrido ninguna alteración. De esta forma, se pretende hacer una comparación tanto cualitativa como cuantitativa de las especies de ectomicorrizas que aparecen en ambas zonas.

De los resultados obtenidos en esta investigación se puede obtener información acerca de las especies de hongos que puedan ser más adecuadas para la inoculación en vivero de plántulas de carrasca que vayan a ser utilizadas en la reforestación de áreas afectadas por el fuego en la región mediterránea.

Por otra parte, si los hongos micorrizógenos cuyos cuerpos fructíferos poseen un interés gastronómico alto fueran capaces de adaptarse a estos ambientes perturbados, además de conseguir la reforestación de la zona, con la recolección de los carpóforos se obtendría un valor económico añadido nada despreciable en muchas zonas rurales.

Nuestra zona de estudio se encuentra dentro del área potencial de distribución de la trufa negra en Navarra, es decir, dentro del área que cumple con todos los requisitos que este hongo exige para crecer, y que se ha delimitado atendiendo a factores como la temperatura, la precipitación o las características del suelo (Sáez & Miguel, 1995). Este área de distribución a menudo coincide con zonas rurales desfavorecidas, en las que el desarrollo de otros cultivos se ve limitado por las características del clima o del suelo (Reyna, 2000). Aprovechando esta situación, se han introducido en la zona quemada algunas plántulas micorrizadas con la trufa negra, *Tuber melanosporum* Vitt., especie muy apreciada que se asocia especialmente con la carrasca, y que requiere unas condiciones muy específicas para su desarrollo.

Se quiere estudiar la evolución de estas plántulas en este ambiente alterado, es decir, la permanencia del hongo inoculado, la posible colonización de la raíz por hongos que se encuentren en el medio y que puedan establecer una competencia con la trufa negra, y por último, la posible fructificación del hongo. Este es un estudio más a largo plazo, y por lo tanto no se pueden incluir de momento resultados del mismo.

En definitiva, los **objetivos** de este trabajo son:

1. La identificación y descripción de las especies de ectomicorrizas asociadas naturalmente con la carrasca, *Quercus ilex* (L.) subsp. *ballota* (Desf.) Samp.
2. La comparación de la diversidad y la abundancia de las especies de ectomicorrizas que aparecen en dos áreas de un mismo carrascal, una quemada y otra sin alterar.

Otros objetivos a largo plazo son:

1. Considerar hasta qué punto es necesario o simplemente aconsejable utilizar plántulas micorrizadas previamente en vivero en proyectos de reforestación tras incendio, y determinar qué hongos micorrizógenos son los más adecuados para la inoculación.
2. Determinar si la trufa negra, *Tuber melanosporum* Vitt., es capaz de adaptarse y desarrollarse en una zona que, aún cumpliendo todos los requisitos necesarios para que este hongo crezca, ha sido alterada por un incendio. Esto se llevará a cabo a través del seguimiento de la evolución de la micorrización en varias plántulas inoculadas en vivero con la trufa negra, e implantadas en una zona quemada de un carrascal que se encuentra dentro del área potencial de distribución de la trufa negra en Navarra.

MATERIAL Y MÉTODO

Descripción de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el monte Monteviejo del término municipal de Nazar, en la falda de la Sierra de Codés (Navarra), con unas coordenadas UTM entre 30TWN5821 y 30TWN5921 (Fig. 1). Esta zona se encuentra a una altitud media de 778 m, sobre materiales del Cuaternario.

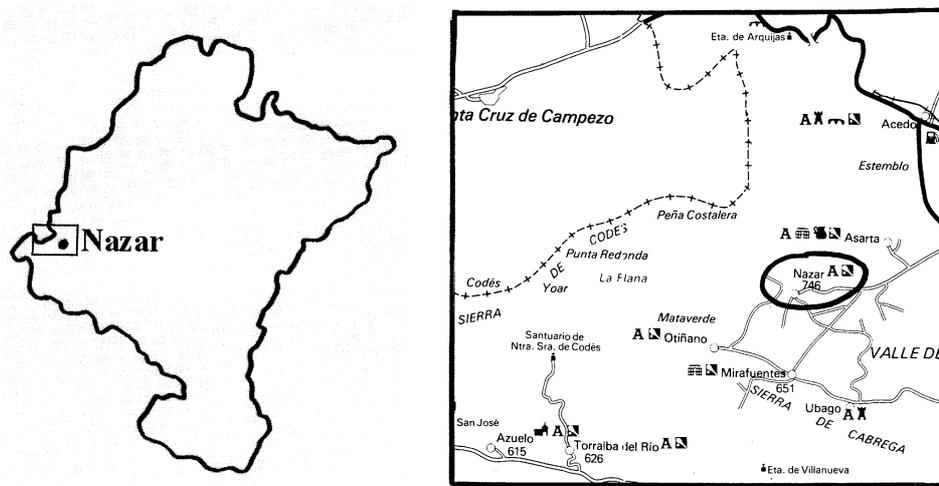


Fig. 1. Situación de Nazar en Navarra, y detalle de la localización de Nazar.

Los datos termoplumiométricos para obtener el diagrama ombrotérmico (Fig. 2) de la zona se han tomado de la estación de Galbarra, por ser la más cercana a la zona de estudio. La temperatura media anual es de 10,5 °C, y la precipitación anual total es de 992,4 mm. No hay intervalo de sequía, aunque podría aparecer un escaso periodo en agosto.

Paraje	VARIOS												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubr.	Noviem.	Diciem.	
P	99,6	91,6	102,8	107,7	87,8	70,1	43,6	36,6	43,8	97,0	126,9	64,9	992,5
TM	17,2	19,7	22,7	25,2	30,0	36,2	37,7	37,7	36,2	29,2	21,7	17,7	
TmM	7,2	5,0	11,7	12,9	16,9	22,3	26,2	25,4	23,0	16,9	10,8	7,4	
T	3,1	5,1	6,8	8,1	11,3	15,5	18,7	18,5	16,1	11,7	7,2	4,1	
Tm	-12,3	-13,3	-6,8	-3,3	-6,3	-0,3	2,7	1,2	-2,3	-6,3	-7,8	-13,3	
Tmm	-0,9	1,1	1,8	3,3	5,8	8,7	11,3	11,6	9,2	6,6	3,8	0,7	

P = Precipitación media mensual, en mm
 TM = Temperatura máxima de las máximas en °C
 TmM = Temperatura media de las máximas en °C
 T = Temperatura media de las medias en °C
 Tm = Temperatura mínima de las mínimas en °C
 Tmm = Temperatura media de las mínimas en °C

El climodiagrama correspondiente de Gausson-Walter es:

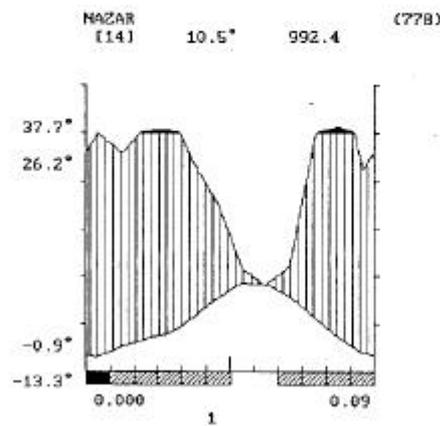


Fig. 2. Datos termoplumiométricos de Nazar, y su correspondiente diagrama ombrotérmico.

Según el Mapa de Suelos de Navarra, el área se corresponde a *suelos sobre derrubios de ladera*, aunque, según vamos subiendo en altitud, se convierten en *suelos sobre roca dominante*. Según la Soil Taxonomy (USA), se corresponden con *Xerochrepts líticos-calcixeróllicos*, y según la FAO, son *Cambisoles cálcicos fase pedregosa*. En definitiva, se trata de suelos muy pedregosos, en áreas de pendiente elevada, por lo que no suelen estar cultivados, quedando reservados al bosque.

Según el mapa de series de vegetación de Navarra (Loidi & Báscones, 1995), la zona se encuentra ubicada mayoritariamente en la Serie 26, correspondiente a la Serie meso-supramediterránea castellano-cantábrica y colino-montana navarro-alavesa basófila de la carrasca (*Spiraeo obovatae-Querceto rotundifoliae* Sigmetum), aunque una pequeña parte de la zona se encuentra en la Serie 25, o Serie meso-supramediterránea castellano-cantábrica del quejigo (*Spiraeo obovatae-Querceto fagineae* Sigmetum), cuyos bosques se asientan sobre suelos calizos, bajo ombroclima subhúmedo superior.

La vegetación que puebla la zona está formada por una masa arbustiva compuesta de carrasca, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, acompañada por *Arbutus unedo*, *Lavandula latifolia*, *Cistus albidus*, *Thymus vulgaris*, *Rubus ulmifolius*, *Genista scorpius*, algunos pies de *Juniperus oxycedrus*, y con ejemplares aislados de quejigo, *Quercus faginea*.

En 1993, se produjo un incendio en la zona causado por la quema de rastrojeras de los campos de cereal situados al sur de la masa arbórea. Todavía se pueden observar los restos de los árboles quemados, pero únicamente en la zona con más pendiente, porque, en el resto del área, Viveros y Repoblaciones de Navarra S.A. limpió la zona y retiró los chirpiales. Las carrascas y quejigos han comenzado a rebrotar, pero todavía distan mucho de ser ejemplares maduros. No obstante, el incendio no afectó a todo el monte, y se conserva un área al Este de la zona quemada que nos sirve para hacernos una idea del estado original de la masa arbórea.

De esta forma, se han delimitado dos áreas de estudio, una en la zona quemada (Fig. 3), y otra en la zona no afectada por el incendio, que llamaremos zona control (Fig. 4). En la zona quemada se han marcado 5 carrascas que han rebrotado tras el incendio, y en la zona control se han marcado otras 5 carrascas adultas. Los árboles se han escogido al azar, teniendo en cuenta que sus características sean homogéneas.



Fig. 3. Zona quemada en el carrascal de Nazar.

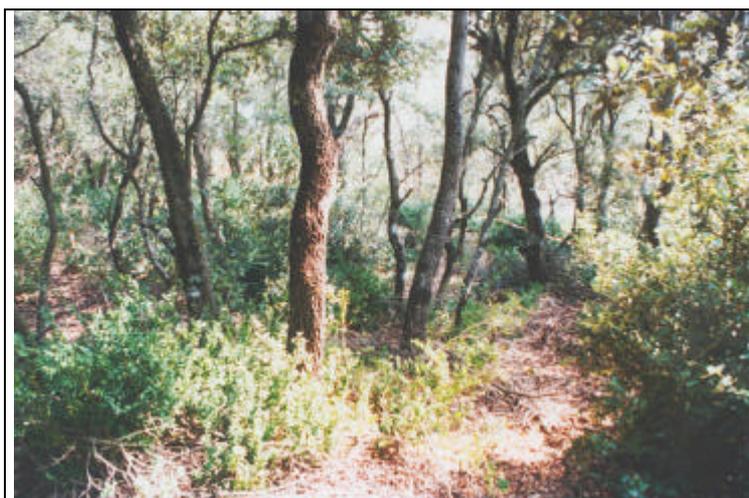


Fig. 4. Zona control, no afectada por el incendio.

Descripción del método de muestreo y limpieza de las muestras

Desde Noviembre de 1998 hasta Febrero de 2000 se ha muestreado la zona con una frecuencia estacional. Se han realizado un total de 5 muestreos, en las fechas que se indican a continuación: 16-Nov-98; 15-Mar-99; 23-Jul-99; 1-Dic-99; 11-Feb-00.

El método de muestreo y el procesamiento de las muestras fue puesto a punto durante una estancia en Septiembre de 1998 en la Universidad de La Sapienza (Roma), bajo la dirección de la Dra. Gigliola Puppi.

En cada uno de los 5 árboles marcados en cada parcela de estudio se toman muestras de suelo, que contienen las raíces que queremos estudiar, ya que el sistema radicular del árbol se halla extendido por toda la periferia del tronco. Con un cilindro de volumen conocido (5,9 cm de diámetro y 10 cm de profundidad) se toman 3 muestras alrededor de cada árbol, a una distancia de 1 m del tronco. En principio basta con muestrear los 10 primeros cm del suelo, pero si se advierte que éste no es homogéneo o que las raíces no se encuentran en la superficie, conviene profundizar hasta 20 cm. Si el terreno está demasiado seco y no se puede usar el cilindro, basta con tomar las muestras de suelo simplemente cavando con una azada. Las tres muestras de cada ejemplar se mezclan en una bolsa común, se etiquetan y se trasladan al laboratorio. Allí se guardan en el frigorífico hasta su procesamiento, que conviene que se haga en el plazo máximo de dos semanas.

Antes de procesar las muestras, se divide cada una en dos submuestras, 150 g para el análisis cuantitativo, y 300 g para el análisis cualitativo. Para la extracción de los ápices micorrizados, se procesan las muestras de suelo de la siguiente forma:

Se añaden los 150 g de muestra seleccionada para el análisis cuantitativo a una solución de 1 litro de sodio metafosfato al 1% (300 g de muestra en 2 litros de solución en el caso del análisis cualitativo), se remueve y se deja reposar durante 24 horas. El sodio metafosfato ayuda a que la tierra se disgregue y a que se separen las raíces de las partículas coloidales.

Pasado este tiempo, se remueve la muestra y se filtra el sobrenadante líquido a través de dos tamices de 1,7 mm y 0,71 mm de luz, descartando los residuos depositados en el fondo. Se rellena el recipiente de agua, se remueve de nuevo, y se vuelve a filtrar. Esta operación se repite hasta que se hayan recuperado la mayor parte de las raíces.

Las raíces extraídas se colocan en frascos con un poco de agua hasta su observación. Si se prevé que el estudio se va a demorar más de lo habitual, se conservan las raíces en solución FAA (mezcla de 666 ml de alcohol metílico o etílico, 50 ml de ácido acético puro, 50 ml de formol y agua destilada hasta completar un litro; Giraud, 1988). En cualquier caso, las muestras se guardan en el frigorífico.

Análisis del porcentaje de micorrización de las carrascas de ambas zonas.

El objetivo es recoger todas las raíces presentes en la muestra de forma que se pueda hacer un cálculo del estado micorrícico de los árboles, expresado en porcentaje de micorrización.

Se sigue el *gridline intersect method* descrito por Brundrett *et al.* (1996). Las raíces extraídas se colocan al azar en una placa de petri a la que se ha incorporado una plantilla con una cuadrícula de 1 cm de lado. Con la lupa, a 15X, se van contando las intersecciones de las raíces con las líneas de la plantilla, teniendo en cuenta si están micorrizadas o no. Para calcular el porcentaje de micorrización se aplica la fórmula:

$$\%M = 100 * ni / N$$

donde ni = nº de intersecciones de ápices micorrizados
N = nº total de intersecciones

Descripción e identificación de los tipos de ectomicorrizas, y análisis de su frecuencia de aparición en las dos zonas estudiadas.

El objetivo es el reconocimiento de las distintas especies o tipos de ectomicorrizas presentes, de modo que se pueda realizar el seguimiento de la abundancia de los tipos micorrizógenos de cada parcela en cada estación. Conviene realizar este estudio cuanto antes, ya que algunos caracteres de las micorrizas varían con el tiempo.

Las raíces se colocan en placas de petri para su observación a lupa. Se extraen las que estén micorrizadas, y se observan a microscopio.

Se realiza una descripción exhaustiva de una serie de caracteres macroscópicos y microscópicos, siguiendo una terminología ya establecida por otros autores, con el fin de utilizar una nomenclatura estandarizada siempre que sea posible. La descripción se ilustra con fotografías de los aspectos más interesantes de cada tipo.

De cada tipo de micorriza se anota:

- El color, para lo cual se usan combinaciones de un conjunto de colores básicos, como son el negro, azul, marrón, verde, gris, naranja, rosa, morado, rojo, blanco y amarillo, acompañados de los adjetivos claro y oscuro. No se han usado otros términos como crema, ámbar, etc, para evitar ambigüedad (Goodman *et al.*, 1996-2000).
- El tipo de ramificación (Fig. 5), siguiendo la terminología de Agerer (1987-1998).
- Las características de la superficie del manto (Fig. 6; Agerer, 1987-1998).

- Las características anatómicas del manto, según las cuales se conocen dos tipos principales de mantos, los plectenquimáticos, cuando las hifas están poco o nada organizadas y se pueden distinguir unas de otras, y los pseudoparenquimáticos, cuando las hifas han aumentado de diámetro y sus células se han organizado siguiendo un patrón. Hay diversas variaciones dentro de cada tipo, como queda reflejado en la Fig. 7 (Agerer, 1987-1998).

- La posible existencia de hifas que emanan del manto, y sus características más relevantes.

- La presencia o ausencia de fíbulas.

- La presencia o ausencia de rizomorfos, o agrupaciones de hifas que emanan.

- La posible aparición de cistidios, describiendo su morfología (Fig. 8; Agerer, 1987-1998).

Se anota la frecuencia de cada tipo descrito con respecto al número total de ápices estudiados en cada muestra, para poder calcular después la frecuencia de los distintos tipos por zona haciendo un sumatorio de todos los ápices estudiados en las 5 muestras de cada área.

Se conservan varios ejemplares de cada especie o tipo de micorriza en un bote con solución FAA, y se guarda aparte un ejemplar que se considera el holotipo, es decir, el que reúne todas las características de esa micorriza, y que servirá para posibles revisiones de la especie o tipo.

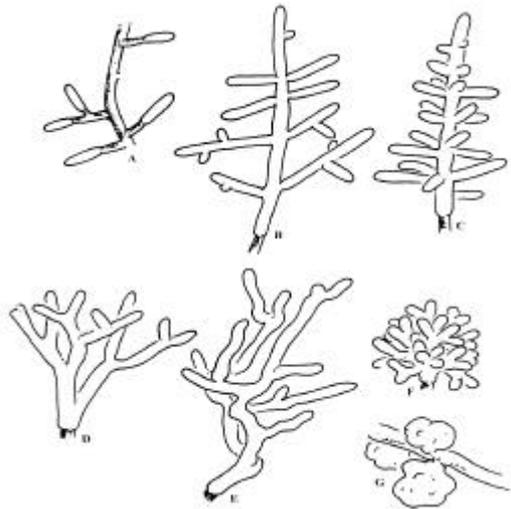


Fig. 5. Tipos de ramificación: a) Simple; b) Monopodial pinnada; c) Monopodial piramidal; d) Dicótoma; e) Irregularmente pinnada; f) Coraloide; g) Tuberculada (Agerer, 1987-1998).

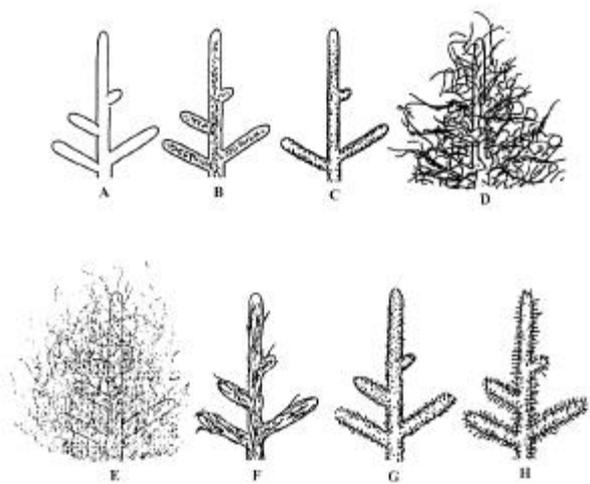


Fig. 6. Características de la superficie del manto: a) Lisa; b) Reticulada; c) Granulosa; d) Lanosa; e) Algodonosa; f) Fibrosa; g) Con espinas cortas; h) Con espinas largas (Agerer, 1987-1998).

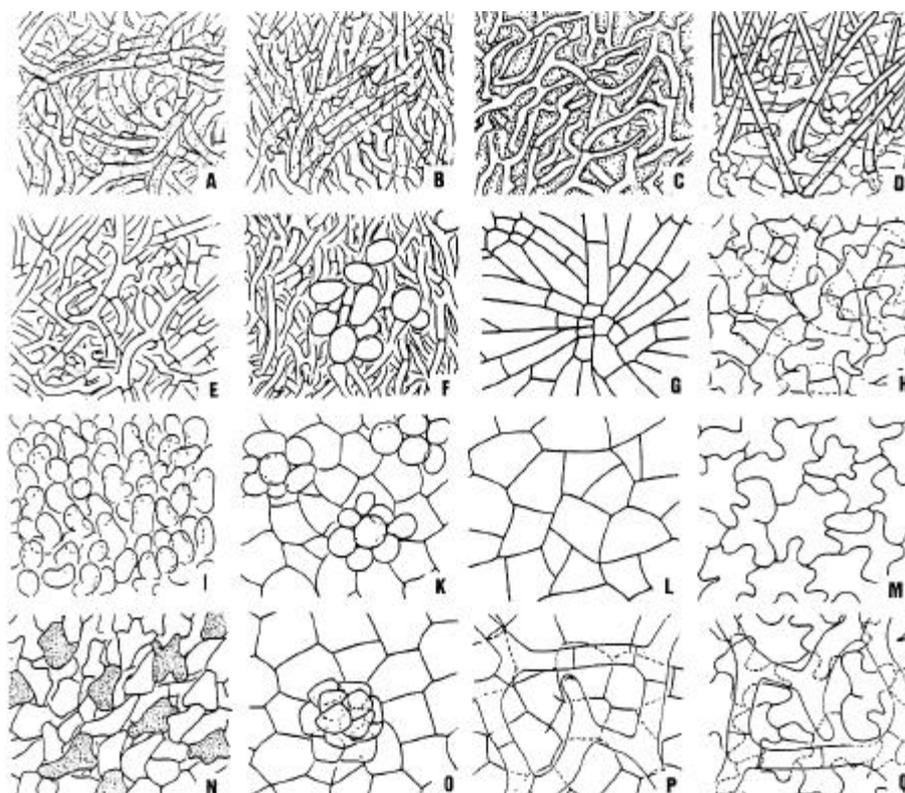


Fig. 7. Tipos de manto: a) Plectenquimático, con hifas curvadas formando anillos; b) Plectenquimático, con hifas distribuidas de forma irregular, pero que crecen en dirección longitudinal con respecto a la orientación de la raíz; c) Plectenquimático, con hifas inmersas en una matriz gelatinosa; d) Plectenquimático, con hifas dispuestas formando una red y cistidios prominentes; e) Plectenquimático, con hifas dispuestas formando una red, ramificadas squarrosely?; f) Plectenquimático, con algunos grupos de células redondeadas sobre las hifas; g) Plectenquimático, con hifas dispuestas de forma radiada; h) de transición entre plectenquimático y pseudoparenquimático, con hifas de forma irregular; i) Plectenquimático, hifas con terminaciones robustas y algo curvadas que sobresalen; k) Pseudoparenquimático poligonal, con grupos de células redondeadas sobre las células angulares; l) Pseudoparenquimático poligonal, con células angulares; m) Pseudoparenquimático en puzzle, con células epidermoides; n) Pseudoparenquimático, con células de contenido acuoso que se tiñen con sulfovainillina; o) Pseudoparenquimático, con cúmulos de células aplanadas sobre las células angulares; p) Pseudoparenquimático, con células angulares sobre las que se dispone una ligera red de hifas; q) Pseudoparenquimático, con células en puzzle sobre las que se dispone una ligera red de hifas (Agerer, 1987-1998).

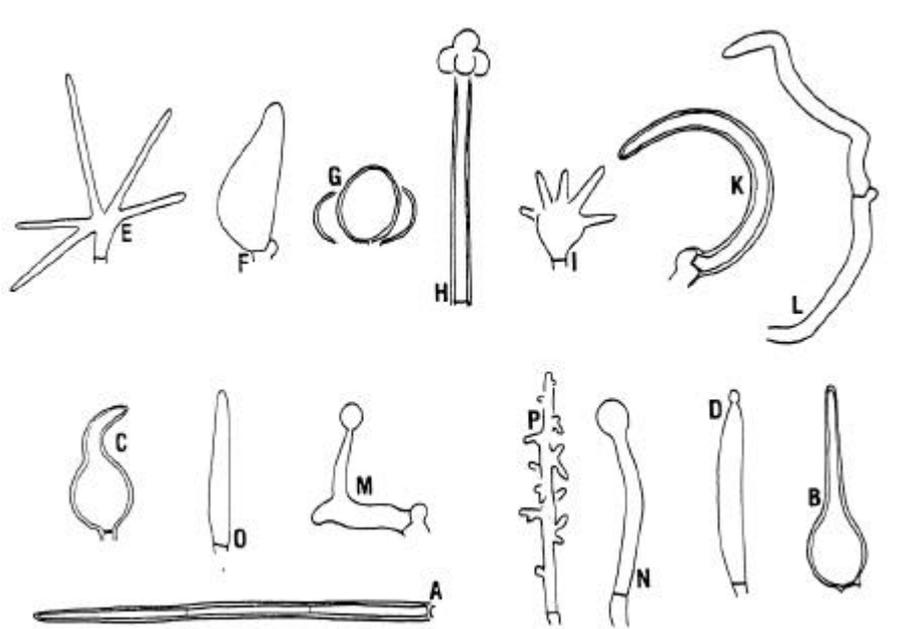


Fig. 8. Tipos de cistidios: a) Con forma de aguja; b) Con forma de botella con el cuello recto; c) Con forma de botella con el cuello curvado; d) Con forma de tubo con una bolita apical; e) Ramificado; f) Fusiforme; g) Globular; h) Con forma de aguja con lóbulos apicales; i) Con forma de botella con evaginaciones digitaliformes; k) Con forma de gancho y paredes recias; l) Retorcido, con forma de sacacorchos; m) Lateral, con terminación capitada; n) Capitado; o) Parecido a la terminación de una hifa normal, con paredes finas; p) Acantocistidio (Agerer, 1987-1998).

La identificación de los tipos se ha llevado a cabo principalmente por comparación con descripciones publicadas de ectomicorrizas identificadas por diversos autores (Agerer, 1987-1998; Bencivenga *et al.*, 1995; Donnini & Bencivenga, 1995; Goodman *et al.*, 1996-2000; Granetti, 1995; Ingleby *et al.*, 1990; Meotto *et al.*, 1995; Sáez & Miguel, 1995; Voiry, 1981).

Otro método empleado ha sido la recolección de carpóforos junto con el sustrato en el que se desarrollan, para comparar el micelio del cuerpo fructífero con el de las micorrizas encontradas en ese terreno (Zak, 1973). Por último, se ha considerado también la opción preferida por Agerer (1987-1998), que es el seguimiento cuidadoso de las hifas y rizomorfos para detectar uniones físicas entre el cuerpo fructífero y la micorriza.

De todas formas, no siempre ha sido posible la identificación de los tipos. En estos casos, se les ha nombrado con el término *Quercirhiza*, por estar asociados micorrícicamente con una especie del género *Quercus* (Agerer, 1987-1998), seguido de un número.

Con todos estos datos, se ha elaborado un catálogo preliminar de especies de ectomicorrizas asociadas naturalmente con la carrasca, *Quercus ilex* subsp. *ballota*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del porcentaje de micorrización total de las carrascas de las dos zonas estudiadas.

Este análisis cuantitativo se ha realizado, según se ha explicado en el apartado de Material y Métodos, estudiando 10 muestras de suelo (5 de la zona quemada y 5 de la zona control) en cada uno de los 5 muestreos realizados entre Nov-98 y Feb-00, lo cual hace un total de 50 muestras analizadas, 25 en cada zona.

Los resultados indican que el porcentaje de micorrización de las carrascas rebrotadas en la zona quemada del carrascal de Nazar es siempre menor o como mucho igual que el de las carrascas de la zona no alterada por el incendio. De los 5 muestreos realizados a lo largo de 15 meses, sólo en uno de ellos este porcentaje de micorrización llega a igualarse en ambas zonas (Tabla 2). Esta tendencia se ve reflejada con claridad en la Fig. 9.

Muestreo	Zona quemada	Zona control
1º (Nov 98)	14,9%	34,5%
2º (Mar 99)	16,7%	18,7%
3º (Jul 99)	22%	32,3%
4º (Dic 99)	21,7%	21,7%
5º (Feb 00)	30,7%	32,6%

Tabla 2. Porcentaje de micorrización de las carrascas de la zona quemada y la zona control en los 5 muestreos realizados.

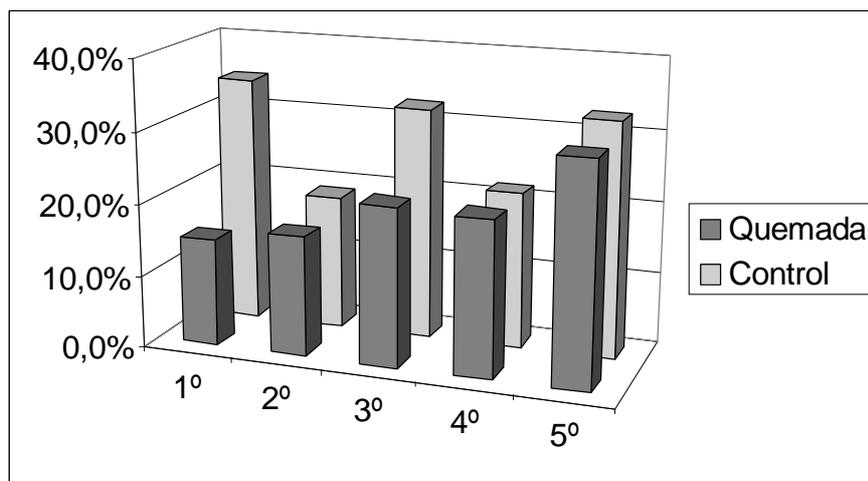


Figura 9. Comparación del grado de micorrización de las carrascas de la zona quemada y de la zona control en los 5 muestreos realizados.

La menor abundancia de micorrizas en zonas alteradas por un incendio con respecto a zonas que no han sufrido ninguna perturbación es bien conocida en la literatura (Allen, 1991; Amaranthus, 1992). Según Mikola (1973), el fuego puede acabar con parte de la población de hongos micorrícicos, así como alterar el pH y la cantidad de nutrientes del medio. No obstante, el fuego no supone un daño irreversible en la comunidad micorrícica, sólo constituye una regresión en su etapa de sucesión.

Normalmente, el fuego sólo afecta a los primeros centímetros de suelo (Mikola, 1973), pero no se puede generalizar, porque todo depende de la duración y la intensidad del fuego, así como de las condiciones físicas y bióticas del medio (Amaranthus, 1992).

Tras los experimentos llevados a cabo por Fernández de Ana & Rodríguez (1992) con fuego prescrito y fuego salvaje, se llegó a la conclusión de que, tras el fuego salvaje, se debía esperar un mínimo de 4 años antes de que la flora ectomicorrícica se restableciera, mientras que el fuego prescrito incluso favorecía la producción de carpóforos de hongos micorrícicos debido al aumento de nutrientes.

Según Jonsson *et al.* (1999), cuanto más intenso sea un fuego, más afectará a los hongos micorrícicos, aunque, más que producirse un cambio en las especies que aparecen en la zona, se producirá un cambio en su frecuencia de aparición.

Por otra parte, la ausencia de una pauta establecida en la variación del porcentaje de micorrización dentro de una misma zona según la estación del año nos impide sacar ninguna conclusión. Según Blasius *et al.* (1989), no hay una época fija en la que la cantidad de micorrizas sea siempre mayor o menor que el resto del año, ya que el periodo en el que las condiciones climatológicas son más favorables varía cada año.

Se prevé continuar con los muestreos durante año y medio más, para poder así confirmar las tendencias observadas en este estudio preliminar.

Introducción al catálogo de tipos de ectomicorrizas descritas

Tras el análisis cualitativo de las 50 muestras de suelo (25 de la zona quemada y 25 de la zona control) que se han estudiado en los 5 muestreos realizados, se han descrito un total de 23 tipos de ectomicorrizas.

De todas ellas, 10 han podido ser identificadas, es decir, se conoce la especie o como mínimo el género del hongo que las forma, o, en el caso de que no se conozca la identidad del hongo simbiote, al menos estos tipos aparecen ya descritos en la literatura. La identificación se ha llevado a cabo principalmente por comparación con descripciones publicadas de ectomicorrizas identificadas por diversos autores (Agerer, 1987-1998; Bencivenga *et al.*, 1995; Donnini & Bencivenga, 1995; Goodman *et al.*, 1996-2000; Granetti, 1995; Ingleby *et al.*, 1990; Meotto *et al.*, 1995; Sáez & Miguel, 1995; Voiry, 1981). De estas 10 micorrizas identificadas, los tipos AD (angle droit; Giraud, 1988) y SB (spinules buclées; Giraud, 1988), aunque no se conozca la identidad del hongo simbiote que los forma, aparecen ya descritos en la literatura, y, por lo tanto, se consideran tipos identificados.

De esos 8 tipos de los que se conoce la especie o como mínimo el género del hongo que los forma, se han encontrado 3 tipos pertenecientes a la subdivisión

Ascomycotina (*Sphaerosporella brunnea*, *Tuber brumale* y *Genea* sp.), 4 tipos pertenecientes a la subdivisión Basidiomycotina (*Thelephora terrestris*, *Hebeloma* sp., *Hymenogaster* sp. y *Scleroderma* sp.), y un Deuteromycotina, *Cenococcum geophilum*. Además, se sabe que el tipo SB es un Basidiomycotina por la presencia de fíbulas en los tabiques de sus hifas. El tipo AD carece de fíbulas, pero eso no indica que el hongo pertenezca a una subdivisión determinada.

Tuber brumale, *Genea* sp. e *Hymenogaster* sp. son hongos hipógeos, es decir, que forman sus cuerpos fructíferos bajo tierra, por lo que son hongos menos recolectados y estudiados que aquellos cuyos cuerpos fructíferos se desarrollan de forma epígea.

Los 13 tipos restantes no han podido ser identificados, pero se aporta una descripción exhaustiva de ellos, y se espera poder avanzar en su identificación en futuras contribuciones. Como ya se explicó en el apartado de Material y Métodos, se les ha nombrado con el término *Quercirhiza*, por estar asociados micorrícicamente con una especie del género *Quercus* (Agerer, 1987-1998), seguido de un número que se les asigna por orden de aparición. Antes de describir un tipo nuevo, se contrastan sus características con las de los tipos ya conocidos, y se destacan los caracteres distintivos del nuevo tipo, tal como se recoge en el catálogo.

Ocurre que los números de los tipos no identificados que se citan en este trabajo no son números consecutivos. Esto es debido a que la nomenclatura usada es común a la del resto del grupo investigador, y hay tipos con números intercalados que han sido encontrados y descritos por otros miembros del grupo en sus parcelas de estudio.

La descripción de los tipos viene acompañada de fotografías de los aspectos más significativos de la micorriza. Además, se indica en cuál de las dos zonas muestreadas en el carrascal de Nazar, quemada o control, se ha encontrado cada tipo de micorriza.

Es la primera vez que se citan estos tipos de hongos micorrícicos asociados a *Quercus ilex* subsp. *ballota* en Navarra, ya que no se ha realizado ningún estudio de la flora micorrícica de ejemplares naturales de carrasca en campo. Como ya se comentó en la Introducción, la investigación de otros grupos en el ambiente nacional se ha venido centrando en la síntesis de micorrizas en vivero, o en la inoculación de plántulas para su posterior implantación en campo, de ahí la importancia de un estudio realizado en una masa arbórea natural.

En el catálogo se presentan en primer lugar las especies identificadas hasta el nivel de especie, luego las identificadas hasta el nivel de género, después los dos tipos que aparecen citadas en la literatura pero cuyo hongo simbionte se desconoce, y, por último, aparecen los tipos no identificados, ordenados según su número.

Catálogo de tipos de ectomicorrizas descritas

***Cenococcum geophilum* Fr.**

Color negro. Ramificación simple o irregular. Superficie fibrosa brillante. Manto plectenquimático con hifas dispuestas en forma radiada (fig. 10a y b), correspondiente al tipo G de Agerer (1987-1998). Abundantes hifas de color rojo oscuro a negro, muy rectas y con los tabiques muy marcados. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios. Con abundantes esclerocios negros, pero que no se encuentran directamente unidos a la micorriza.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Sphaerosporella brunnea* (Alb. & Schwein.) Svrcek & Kubicka**

Color de marrón claro a marrón oscuro. Ramificación de simple a monopodial pinnada. Superficie fibrosa. Manto pseudoparenquimático poligonal, con células alargadas que presentan un diámetro mucho mayor en la parte media que en los extremos, dando la impresión de que han sufrido una constricción (fig.10c). Escasas hifas que emanan, de color marrón, gruesas, pero también constreñidas súbitamente en los septos (fig.10d). Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Thelephora terrestris* (Ehrh.) Fr.**

Color de blanco amarillento a marrón anaranjado. Ramificación de simple a irregularmente pinnada. Superficie lisa o ligeramente algodonosa. Manto pseudoparenquimático con células alargadas irregulares. Hifas que emanan que sólo presentan fíbulas en el primer tabique, a veces ramificadas en forma de. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

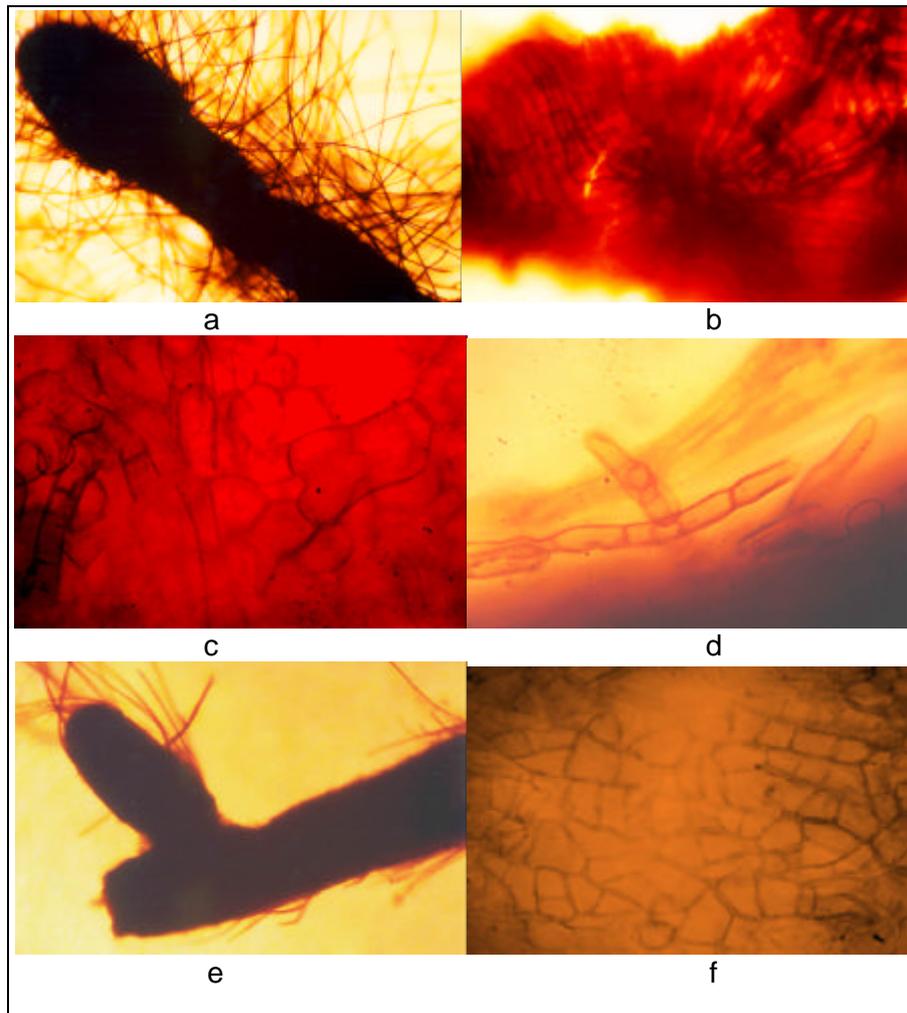


Figura 10. Ectomicorrizas identificadas. a) *Cenococcum geophilum* Fr. (10X); b) detalle del manto (100X); c) *Sphaerosporella brunnea* (Alb. & Schwein.) Svrcek & Kubicka, detalle del manto (100X); d) detalle de las hifas que emanan del manto (100X); e) *Genea* sp. (10X); f) detalle del manto (100x).

***Tuber brumale* Vitt.**

Color marrón más o menos claro. Ramificación monopódica pinnada. Superficie con espinas cortas. Manto pseudoparenquimático en puzzle tipo M. Sin hifas que emanan. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Abundantes cistidios en forma de aguja, correspondientes al tipo A de Agerer (1987-1998), cortos, sin ramificar, de un ligero color amarillento, que forman una densa empalizada.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Genea* sp.**

Color de marrón anaranjado a marrón oscuro rojizo. Ramificación de simple a irregularmente pinnada. Superficie fibrosa, con hifas marrón rojizas gruesas y rígidas, (fig.10e) con la base ensanchada. Manto pseudoparenquimático poligonal tipo L (fig.10f). Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Hebeloma* sp.**

Color marrón blanquecino. Ramificación irregular pinnada, con ápices curvados. Superficie muy algodonosa. Manto transparente plectenquimático tipo B. Abundantes hifas medianamente gruesas, largas, hialinas, acodadas. Con fíbulas. Con rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Hymenogaster* sp.**

Color marrón más o menos claro. Ramificación de simple a monopodial piramidal. Superficie lanosa. Manto pseudoparenquimático poligonal tipo L. Largas hifas que emanan, de color marrón rojizo claro, muy rígidas y ramificadas en ángulo recto. Con fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Scleroderma* sp.**

Color de marrón anaranjado a marrón grisáceo. Ramificación de simple a monopódica piramidal. Superficie algodonosa. Manto de transición entre

plectenquimático y pseudoparenquimático tipo H. Hifas tortuosas hialinas, que se retuercen a menudo formando anillos. Sin fíbulas. Con rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

AD (angle droit; Giraud, 1988)

Color marrón más o menos claro. Ramificación de simple a irregularmente pinnada. Superficie lanosa. Manto pseudoparenquimático poligonal tipo L. Abundantes hifas que emanan, rígidas, ramificadas en ángulo recto. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: exclusivamente en la zona quemada del carrascal de Nazar.

SB (spinules buclées; Giraud, 1988)

Color marrón claro. Ramificación de simple a monopodial pinnada. Superficie con espinas cortas. Manto pseudoparenquimático poligonal tipo L. Sin hifas que emanan. Con fíbulas. Sin rizomorfos. Abundantes cistidios puntiagudos (tipo A) formados por dos células, la basal de color amarillo brillante, y la apical transparente.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

Quercirhiza 1

Color de marrón amarillento a marrón anaranjado. Ramificación de simple a monopodial pinnada. Superficie del manto lanosa, con hifas blanco amarillentas. Aunque en un principio se describió el manto como pseudoparenquimático en puzzle (De Román & De Miguel, 1998; De Román & De Miguel, 1999; De Román *et al.* 1999), es decir, del tipo M, se ha observado que es más correcto considerar el manto como tipo H, es decir, de transición entre plecténquima y pseudoparenquima, con células de forma irregular que componen una red tupida. Hifas largas, delgadas, ramificadas en ángulo agudo, y a veces incluso verticiladas. En el punto de ramificación de las hifas se observa una mayor refringencia debido al refuerzo de las paredes. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

Quercirhiza 2

Color de marrón anaranjado a marrón oscuro. Ramificación de simple a monopodial pinnada. Superficie del manto con espinas cortas. Manto externo plectenquimático apretado tipo B, manto interno pseudoparenquimático poligonal tipo

L. Sin hifas que emanen. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Con abundantes cistidios capitados (tipo N) de hialinos a amarillentos, unicelulares o pluricelulares, con paredes engrosadas y brillantes.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

Quercirhiza 4

Color marrón rojizo oscuro. Ramificación de simple a monopodial pinnada. Superficie granulosa con espinas largas ocreas (fig.11a y b). Manto pseudoparenquimático poligonal tipo P, es decir, con una red de hifas sobre las células angulares. Abundantes hifas marrón rojizas que carecen de tabiques, por lo que quizá puedan ser consideradas como cistidios largos. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

Quercirhiza 5

Color marrón claro, con abundante micelio blanco que emana (fig.11c) y que da a la superficie un aspecto algodonoso. Ramificación irregularmente pinnada, con ápices curvados. Manto plectenquimático tipo B (fig.11d). Abundantes hifas delgadas hialinas recubiertas de gránulos brillantes. Con fíbulas. Abundantes rizomorfos. Sin cistidios. Abundantes esclerocios blancos.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

Quercirhiza 6

Color de marrón claro rojizo a marrón negruzco, más oscura cuanto más vieja es la micorriza. Ramificación monopodial pinnada. Superficie brillante lanosa (fig.11e). Manto pseudoparenquimático poligonal tipo L, aunque a veces parece que las células se entrelazan, pudiendo llegar a formar un puzzle primitivo (fig.11f). Abundantes hifas de color marrón rojizo, anchas, largas y tortuosas, a veces con puntos brillantes, ramificadas a menudo en ángulo recto. Con fíbulas. Con rizomorfos. Normalmente no presenta cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

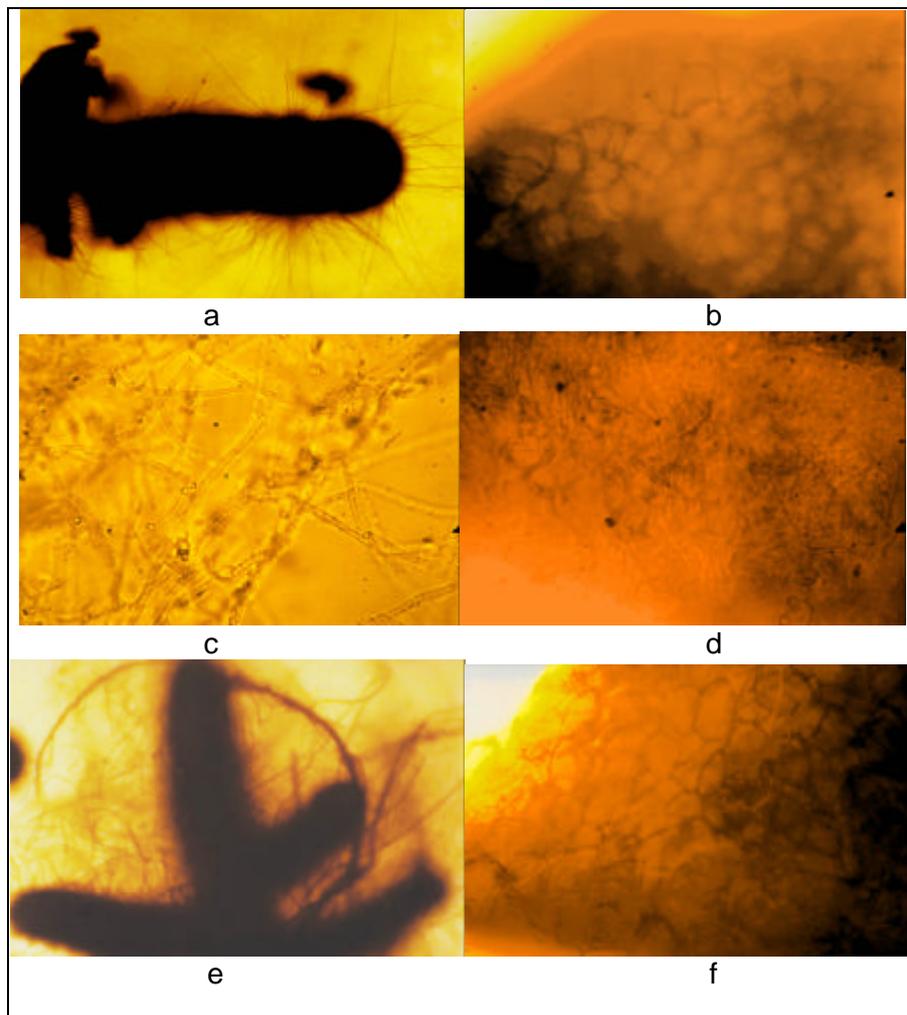


Figura 11. Morfotipos de ectomicorrizas no identificados. a) *Quercirhiza* 4 (10X); b) detalle del manto (100X); c) , *Quercirhiza* 5: hifas que emanan (100X); d) detalle del manto (100X); e) *Quercirhiza* 6: micorrizas y rizomorfos (10X); f) detalle del manto (100X).

***Quercirhiza* 7**

Color de marrón oscuro a negro, más oscura cuanto más vieja es la micorriza. Ramificación de monopodial pinnada a monopodial piramidal. Superficie granulosa brillante. Manto del tipo H, es decir, de transición entre plectenquimático y pseudoparenquimático, (fig12b) aunque anteriormente se le describió como pseudoparenquimático en puzzle (De Román & De Miguel, 1999; De Román *et al.* 1999). Hifas que emanan muy gruesas, (fig12a) largas y tortuosas, de color rojizo cuando son jóvenes, y negruzcas en ejemplares viejos. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Quercirhiza* 8**

Color de marrón claro a marrón oscuro. Ramificación de monopodial pinnada a monopodial piramidal. Superficie brillante con espinas cortas. Manto del tipo K, (fig12d) con células redondas sobre una base de células más o menos poligonales. Sin hifas que emanen. Sin fíbulas. Sin rizomorfos. Abundantes cistidios cortos en forma de gancho (tipo K), (fig12c) y algunos en forma de botella (tipo B).

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Quercirhiza* 9**

Color marrón con tonos rosados, a veces más pálidos tendiendo hacia blanco, a veces más intensos tendiendo hacia rosa oscuro. Ramificación monopodial piramidal. Superficie algodonosa. Manto plectenquimático tipo B. Abundantes hifas medianamente gruesas, largas, hialinas o un poco rosadas, con gránulos brillantes, acodadas. Con fíbulas. Abundantes rizomorfos. Sin cistidios. Se parece mucho a *Hebeloma*, aunque el color rosado tan característico que tiene hace que la determine como un tipo diferente. De esto se puede deducir que el tipo 9 puede ser una especie del género *Hebeloma*, pero distinta a la que aparece en mayor abundancia.

Lugar de recolección: exclusivamente en la zona control del carrascal de Nazar.

***Quercirhiza* 17**

Color de marrón claro a marrón oscuro. Ramificación simple o monopodial piramidal. Superficie con espinas cortas. Manto externo de transición entre plectenquimático y pseudoparenquimático tipo H, y manto interno

pseudoparenquimático poligonal tipo L. Escasas hifas que emanan, ausentes en la mayoría de los casos, de anchura media, rectas, transparentes al principio, rojizas al envejecer. Con fíbulas. Sin rizomorfos. Borde con cistidios en forma de gancho (tipo K) o de botella con el cuello curvado (tipo C).

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Quercirhiza* 21**

Color marrón negruzco. Ramificación monopodial pinnada. Superficie lanosa brillante. Manto pseudoparenquimático poligonal tipo L. Abundantes hifas muy rígidas, rojizas. Con fíbulas. Con rizomorfos. Sin cistidios. A la lupa, esta micorriza de Basidiomycotina recuerda a *Genea*, pero, a mayor aumento, es obvio que la presencia de fíbulas permite diferenciar ambos tipos perfectamente.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

***Quercirhiza* 22**

Color marrón claro con tonos rojizos. Ramificación monopodial. Superficie fibrosa. Manto externo con hifas sueltas, a menudo con esferocistos, manto interno plectenquimático tipo B. Hifas que emanan arrugadas, de color marrón anaranjado, con ensanchamientos repentinos con forma de bolsa llamados esferocistos. Con fíbulas. Rizomorfos marrón rojizo con hifas deshilachadas y esferocistos. Sin cistidios.

Lugar de recolección: exclusivamente en la zona quemada del carrascal de Nazar.

***Quercirhiza* 30**

Color gris verdoso con manchas de color marrón anaranjado. Ramificación de simple a irregularmente pinnada, con ápices curvados. Superficie algodonosa debido a un micelio que envuelve a la micorriza, aunque no aparece en todos los casos. Manto externo plectenquimático laxo, (fig. 12f) manto interno plectenquimático apretado tipo B. Las manchas de color marrón anaranjado del manto son debidas a hifas fuertemente coloreadas de este tono y con las paredes y los tabiques reforzados. Las hifas que emanan son finas y enmarañadas, formando una cortina densa amarillenta. Con fíbulas, aunque son difíciles de ver. Con rizomorfos unidos al manto en forma de abanico (fig. 12e). Sin cistidios.

Lugar de recolección: zonas quemada y control del carrascal de Nazar.

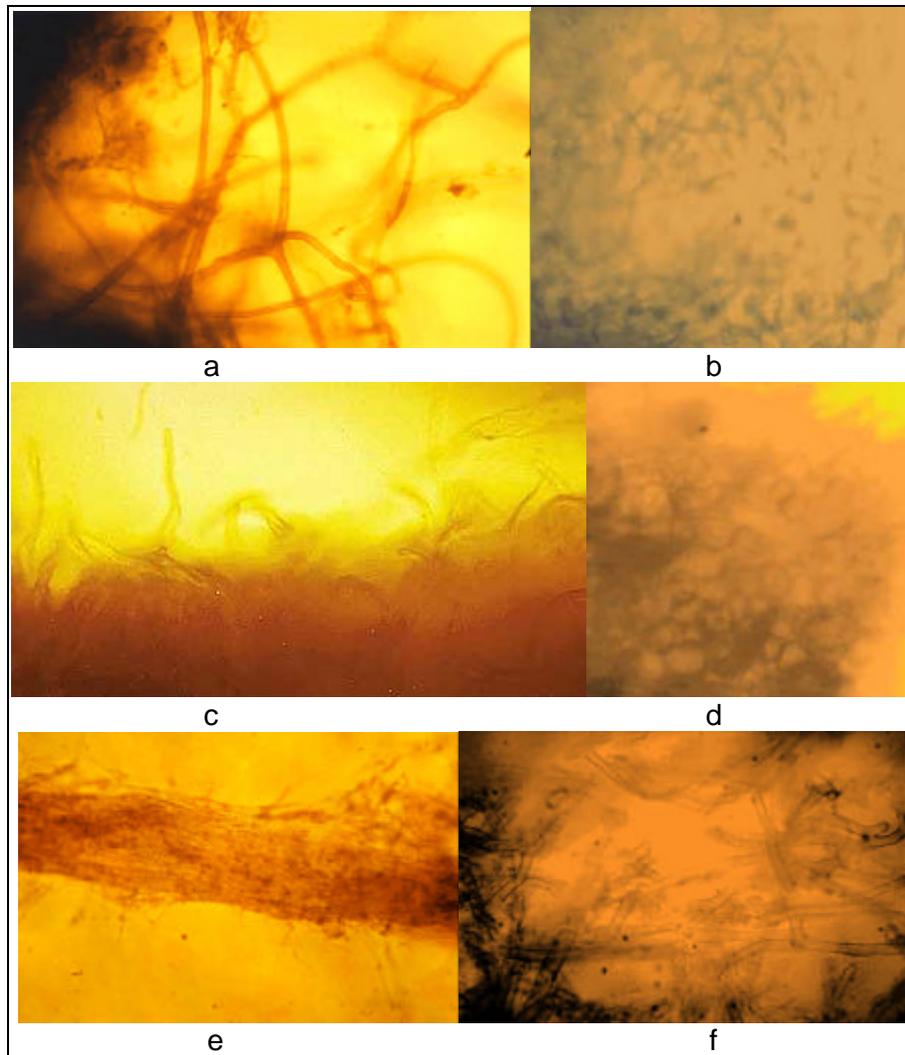


Figura 12. Ectomicorrizas identificadas. a) *Quercirhiza* 7 hifas que emanan (40X); b) detalle del manto (100X); c) *Quercirhiza* 8, cistidios en forma de gancho (100X); d) detalle del manto (100X); e) *Quercirhiza* 30, rizomorfo con hifas sueltas (40X); f) detalle del manto externo plectenquimático laxo (100x).

***Quercirhiza* 32**

Color de blanco amarillento a marrón claro. Ramificación de simple a irregularmente pinnada. Superficie fibrosa. Manto plectenquimático, con hifas que se entrecruzan de forma ordenada formando una cuadrícula. Numerosas hifas que emanan, pero casi siempre acaban agrupadas en rizomorfos. Con fíbulas. Abundantes rizomorfos gruesos y rígidos, de fácil reconocimiento a lupa, aunque su coloración blanquecina sea poco llamativa. Sin cistidios.

Lugar de recolección: exclusivamente en la zona control del carrascal de Nazar.

Análisis de la frecuencia de aparición de cada tipo de micorriza en cada una de las dos zonas estudiadas.

A la vez que se describen e identifican los tipos de ectomicorrizas presentes en las muestras de suelo, se lleva a cabo un recuento de los ápices que pertenecen a cada tipo, y se establece el porcentaje de aparición con respecto al total de ápices analizados en cada muestra. Luego, se hace un sumatorio de todos los ápices estudiados en las 25 muestras de cada parcela, y se obtiene la frecuencia de aparición de cada tipo de micorriza en la zona quemada y en la zona control.

La Tabla 3 expresa los resultados de los porcentajes de aparición, mientras que las preferencias de cada tipo de micorriza por una zona u otra se pueden observar de forma más gráfica en las Fig. 14 y 15.

Aunque la mayoría de los 23 tipos de micorrizas descritos aparecen asociados tanto a las carrascas rebrotadas de la zona quemada como a las carrascas maduras de la zona control, hay dos tipos que sólo aparecen en la zona quemada (AD y *Quercirhiza* 22), y dos tipos que son exclusivos de la zona control (*Quercirhiza* 9 y *Quercirhiza* 32). Es decir, hay 19 tipos que han sido encontrados en ambas zonas, 2 tipos propios de la zona quemada, y otros 2 tipos que aparecen únicamente en la zona no alterada. En los siguientes muestreos que se realicen se comprobará si estas tendencias se siguen manteniendo.

Entre las micorrizas identificadas, exceptuando el tipo AD, que sólo aparece en la zona quemada, y *Cenococcum geophilum*, que aparece en un porcentaje similar en ambas zonas, el resto de los tipos presentan un porcentaje de aparición comparativamente más alto en uno de los dos ambientes. En este sentido, Jonsson *et al.* (1999) ya afirmó que, después de un incendio, más que producirse un cambio en

las especies de hongos micorrícicos que aparecen en la zona, se produce un cambio en su frecuencia de aparición.

En el caso de *Thelephora terrestris*, *Genea* sp., *Hebeloma* sp. y *Scleroderma* sp., la zona en la que han sido encontradas principalmente es la control, es decir, aparecen asociadas sobre todo a las carrascas maduras. Por otro lado, *Sphaerosporella brunnea*, *Tuber brumale*, *Hymenogaster* sp. y SB han sido encontradas sobre todo en las carrascas rebrotadas de la zona quemada.

En cuanto a *S. brunnea*, estos resultados coinciden con los de Meotto & Carraturo (1987-88), que indicaron que esta especie es pionera en la colonización de áreas quemadas, contribuyendo al restablecimiento de la zona. Además, *S. brunnea* se encuentra preferiblemente en suelos calcáreos, que es el caso del carrascal que estamos estudiando. También es una especie que aparece de forma espontánea en vivero, donde puede obstaculizar la formación de las micorrizas de la especie inoculada (Bencivenga *et al.*, 1995). En definitiva, estamos ante una especie oportunista que coloniza nuevos ambientes con mucha facilidad.

Por otra parte, se sabe que tanto *Hebeloma* (Marmeisse *et al.*, 1999) como *Scleroderma* (Jeffries, 1999) son hongos propios de las primeras etapas de colonización de una zona, si bien es cierto que esta tendencia depende de cada especie. Como ejemplo, en el género *Scleroderma*, *S. areolatum* está asociada comunmente con árboles jóvenes, mientras que *S. citrinum* lo está con árboles adultos.

En nuestro caso, ambos géneros aparecen asociados sobre todo con las carrascas maduras de la zona control, no afectada por la perturbación, resultado que discrepa con lo comentado anteriormente. Es decir, las especies de *Hebeloma* y *Scleroderma* que se han descrito en este estudio son especies de etapas maduras en la sucesión, y, con toda seguridad, diferentes de las especies oportunistas que se citan en vivero o en las primeras etapas de colonización. Por otra parte, la menor frecuencia de aparición de ambos tipos en la zona quemada podría indicar que estas especies de *Hebeloma* y *Scleroderma* que encontramos en nuestras zonas de estudio son sensibles al fuego, y que su abundancia disminuye tras el incendio, pero se va restableciendo conforme pasa el tiempo.

Thelephora terrestris es una especie característica de viveros, pero que también está presente en la naturaleza, sobre todo en árboles que se están regenerando tras un incendio (Colpaert, 1999). De esto se deduce que es una especie propia de las primeras etapas de sucesión. Sin embargo, nosotros la hemos encontrado asociada especialmente a las carrascas adultas. Es necesario comprobar si esta tendencia se mantiene en sucesivos muestreos, para poder buscar una posible explicación a este hecho.

Del resto de tipos de micorrizas identificados no se ha encontrado ningún estudio previo de su comportamiento ante el fuego, con lo que no podemos establecer ninguna comparación con nuestros resultados.

Con respecto a los tipos de micorrizas no identificados, se intentará averiguar la identidad del hongo simbiote, para poder analizar así la ecología de la especie. De esta forma, se contribuirá además a mejorar el conocimiento del cortejo micorrícico de la encina, del que se tiene tan escasa información.

Por último, cabe destacar la gran abundancia de *Cenococcum geophilum*, hongo cosmopolita que es particularmente resistente a la sequía (LoBuglio, 1999). Mikola (1973) ya lo recomendaba para inocular plántulas utilizadas en la reforestación de zonas secas. En nuestro estudio, es la especie más abundante tanto en la zona quemada como en la zona control, y su frecuencia de aparición es más o menos igual en ambas zonas, por lo que se puede deducir que es una especie que no se ve afectada por el fuego. Además, se ha constatado la alta presencia de esclerocios de *C. geophilum* en las muestras de suelo analizadas, estructuras que pueden ayudar a que el hongo resista con mayor facilidad la escasez de agua y las altas temperaturas a las que se ve sometido.

De estos resultados se deduce que es necesario continuar con el estudio de la ecología de las especies de micorrizas encontradas, ya que parece haber muchos factores de los que no tenemos todavía suficiente conocimiento y que influyen de forma significativa en su aparición.

Tipo de micorriza	Zona quemada	Zona control
<i>Cenococcum geophilum</i>	51,7%	44,1%
<i>Sphareospora brunnea</i>	3,6%	1,1%
<i>Thelephora terrestris</i>	0,4%	2,2%
<i>Tuber brumale</i>	7%	1,5%
<i>Genea</i>	0,3%	1,4%
<i>Hebeloma</i>	1%	11%
<i>Hymenogaster</i>	2,6%	0,6%
<i>Scleroderma</i>	0,1%	1,3%
AD	1,2%	-
SB	5,5%	0,2%
<i>Quercirhiza</i> 1	3,6%	0,8%
<i>Quercirhiza</i> 2	2,1%	0,5%
<i>Quercirhiza</i> 4	2,9%	4,8%
<i>Quercirhiza</i> 5	1,7%	2,3%
<i>Quercirhiza</i> 6	5,8%	13,7%
<i>Quercirhiza</i> 7	6,3%	0,7%
<i>Quercirhiza</i> 8	0,2%	2,6%
<i>Quercirhiza</i> 9	-	3%
<i>Quercirhiza</i> 17	2%	2,2%
<i>Quercirhiza</i> 21	1,7%	1,8%
<i>Quercirhiza</i> 22	0,2%	-
<i>Quercirhiza</i> 30	0,1%	3,5%
<i>Quercirhiza</i> 32	-	0,7%

Tabla 3. Porcentaje de aparición de cada tipo de micorriza en cada una de las zonas estudiadas, quemada y control, del carrascal de Nazar.

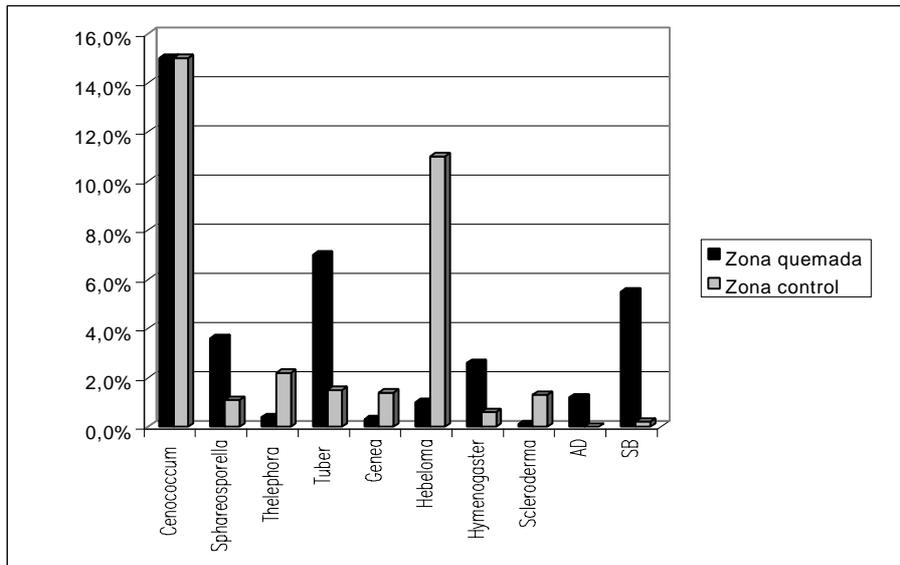


Fig. 14. Porcentaje de aparición de los tipos identificados de micorrizas en ambas zonas.

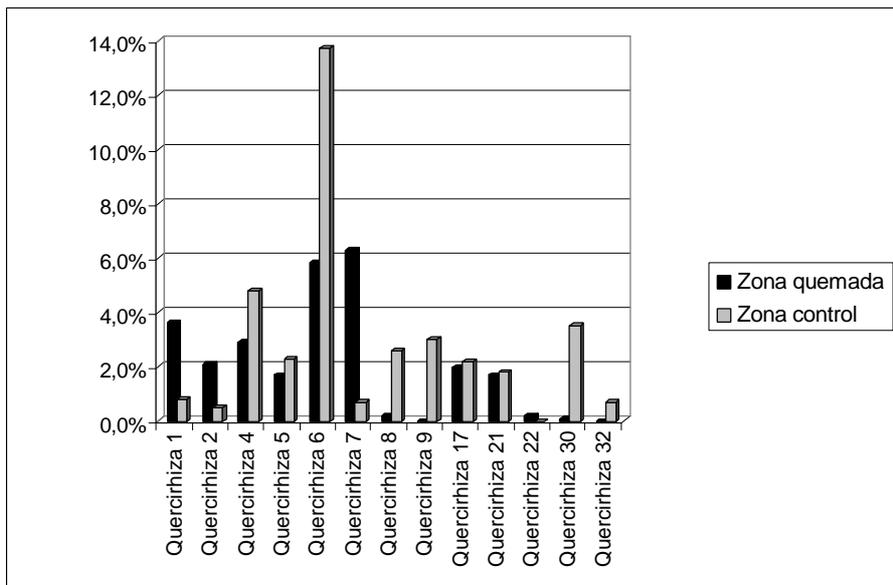


Fig. 15. Porcentaje de aparición de los tipos no identificados de micorrizas en ambas zonas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. El fuego afecta al cortejo micorrícico de la carrasca, *Quercus ilex* (L.) subsp. *ballota* (Desf.) Samp., siendo el porcentaje de micorrización de las carrascas rebrotadas tras el incendio inferior al de las carrascas que no se vieron afectadas por esta perturbación.

2. Se ha elaborado un catálogo con la descripción de los 23 tipos de ectomicorrizas que se han encontrado asociadas de forma natural a la carrasca. 10 de estos tipos han podido ser identificados, es decir, se conoce la especie o como mínimo el género del hongo que las forma, o, al menos, estos tipos aparecen ya descritos en la literatura. En los 13 tipos restantes no ha sido posible averiguar la identidad del hongo simbiote que las forma. Los tipos descritos son *Cenococcum geophilum* Fr., *Sphaerospora brunnea* (Alb. & Schwein.) Svrcek & Kubicka, *Thelephora terrestris* (Ehrh.) Fr., *Tuber brumale* Vitt., *Genea* sp., *Hebeloma* sp., *Hymenogaster* sp., *Scleroderma* sp., AD, SB, *Quercirhiza* 1, *Quercirhiza* 2, *Quercirhiza* 4, *Quercirhiza* 5, *Quercirhiza* 6, *Quercirhiza* 7, *Quercirhiza* 8, *Quercirhiza* 9, *Quercirhiza* 17, *Quercirhiza* 21, *Quercirhiza* 22, *Quercirhiza* 30 y *Quercirhiza* 32. Cabe destacar que es la primera vez que se citan estos tipos de micorrizas asociados a la carrasca de forma natural en Navarra, y que se dispone de los holotipos que los caracterizan. Algunas de estas descripciones ya han sido publicadas (De Román & De Miguel, 1998; De Román & De Miguel, 1999; De Román *et al.*, 1999).

3. 19 de los 23 tipos de ectomicorrizas descritos aparecen asociados tanto a las carrascas rebrotadas de la zona quemada como a las carrascas adultas de la zona control, aunque presentan una frecuencia de aparición distinta en cada caso. Sólo hay 2 tipos que aparecen exclusivamente asociados a las carrascas rebrotadas de la zona quemada (AD y *Quercirhiza* 22), y 2 tipos que sólo se encuentran en las carrascas adultas de la zona no alterada (*Quercirhiza* 9 y *Quercirhiza* 32). Así se confirma que, después de un incendio, más que producirse un cambio en las especies de hongos micorrícicos que aparecen en la zona, se produce un cambio en su frecuencia de aparición.

4. De entre los tipos de micorrizas identificados, *Thelephora terrestris*, *Genea* sp., *Hebeloma* sp. y *Scleroderma* sp. se encuentran en mayor proporción en la zona control, es decir, se asocian principalmente con carrascas adultas. Por otra parte, *Sphaerospora brunnea*, *Tuber brumale*, *Hymenogaster* sp. y SB se encuentran sobre todo en las carrascas rebrotadas de la zona quemada.

5. *Sphaerosporella brunnea* se confirma así como una especie pionera en la colonización de áreas quemadas. En cuanto a *Hebeloma* sp. y *Scleroderma* sp., aunque se les conoce como hongos colonizadores de nuevos ambientes, nuestros resultados indican que parecen verse afectados por el fuego, ya que su frecuencia de aparición es mayor en la zona control. *Thelephora terrestris* es una especie no muy común en bosques naturales, pero que puede aparecer asociada a árboles que se están regenerando tras un incendio; nuestros resultados también difieren en este aspecto, porque se ha encontrado esta especie ligada en mayor medida a los árboles de la zona no alterada.

6. Por último, cabe destacar que *Cenococcum geophilum* es la especie más abundante en las dos zonas estudiadas, quizá por su carácter xerófito, y no parece que el fuego provoque ningún cambio llamativo en su frecuencia de aparición. Es capaz de resistir la escasez de agua y las altas temperaturas propias de la región Mediterránea, por lo que podría ser una especie muy recomendable para su utilización en la inoculación de las plántulas empleadas en proyectos de reforestación.

Este estudio continuará durante año y medio más, y se prevé obtener más datos acerca de la evolución de la micorrización en las zonas quemada y control del carrascal de Nazar, así como avanzar en la descripción de los tipos de ectomicorrizas que se asocian de forma natural con la carrasca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a una beca de formación de investigadores de tipo predoctoral concedida por el INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria).

Además, este trabajo es parte de un proyecto que el Departamento de Botánica de la Universidad de Navarra está llevando a cabo en colaboración con *Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A.*, y que está subvencionado por el PIUNA (Plan de Investigación de la Universidad de Navarra).

BIBLIOGRAFÍA

- AGERER, R. (1987-1998). *Colour Atlas of Ectomycorrhizae*. Einhorn-Verlag. Munich.
- ALLEN, M.F. (1991). *The ecology of mycorrhizae*. Cambridge University Press. Cambridge. 184 pp.
- ALLEN, M.F. (1992). *Mycorrhizal functioning. An integrative plant-fungal process*. Chapman & Hall. London. 534 pp.

- AMARANTHUS, M.P. (1992). Mycorrhizas, forest disturbance and regeneration in the Pacific Northwestern United States. En: READ, D.J., LEWIS, D.H., FITTER, A.H., ALEXANDER, I.J. (eds.) *Mycorrhizas in ecosystems*. C.A.B. International. Wallingford. Pp 202-207.
- AZUL, A.M., FREITAS, H. (1999). Mycorrhizal fungi and their application to forestation programmes with cork oak (*Quercus suber* L.). *Actas I Congreso Hongos: Micorrización. Cáceres*. Pp 75-82.
- BAAR, J. (1996). The ectomycorrhizal flora of primary and secondary stands of *Pinus sylvestris* in relation to soil conditions and ectomycorrhizal succession. *Journal of Vegetation Science* 7: 497-504.
- BENCIVENGA, M., DI MASSIMO, G., TANFULLI, M. (1995). Micorrize inquinanti frequenti nelle piante tartufigene. Nota 1- Inquinanti in vivaio. *Micol. Ital.* (1995)2: 167-178.
- BLASIUS, D., KOTTKE, I., OBERWINKLER, F. (1989). Spatial and seasonal dynamics of ectomycorrhizae of *Picea abies* (L.) Karst. in the black forest. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 28: 27-30.
- BRANZANTI, B., ZAMBONELLI, A. (1989). Synthesis of mycorrhizas on *Quercus suber* using *Hebeloma sinapizans* and *Paxillus involutus*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 28: 35-40.
- BRUNDRETT, M.B., BOUGHER, N., DELL, B., GROVE, T. MALAJCZUK, N. (1996). *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. 374 pp.
- CARTIÉ, G., PALAZÓN, C., BARRIUSO, J., IZQUIERDO, Y. (1996). Un nuevo método de inoculación de *Quercus ilex* L. por *Tuber melanosporum* Vitt. *Montes* 46: 40-43.
- CHEVALIER, G., DELMAS, C.H. (1976). Mycorrhization par *Tuber melanosporum* de plants de *Quercus pubescens* en milieu fortement fertilisé. *Ann. Rev. Phytopathologie*.
- COLPAERT, J.V. (1999). *Thelephora*. En: CAIRNEY, J.W.G., CHAMBERS, S.M. (eds.) *Ectomycorrhizal fungi. Key genera in profile*. Springer-Verlag. Berlin. Pp 325-346.
- DAHLBERG, A., JONSSON, L., NYLUND, J.E. (1997). Species diversity and distribution of biomass above and below ground among ectomycorrhizal fungi in an old-growth Norway spruce forest in South Sweden. *Can. J. Bot.* 75: 1323-1335.

- DANIELSON, R.M. (1983). Ectomycorrhizal associations in jack pine stands in northeastern Alberta. *Can. J. Bot.* 62: 932-939.
- DE ROMÁN, M., DE MIGUEL, A.M. (1998). A preliminary study on the ectomycorrhizae of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. in Navarra (Spain). *Bocconeia* (in press).
- DE ROMÁN, M., DE MIGUEL, A.M. (1999). Identification and description of natural mycorrhizae in a potential truffle-occurring area. *Proceedings of the V Congress on Science and Cultivation of Truffle and other Edible Hypogeous Fungi* (in press).
- DE ROMÁN, M., DE MIGUEL, A.M., ETAYO, M.L. (1999). Ectomycorrhizal morphotypes identified in two sites (burned and non-disturbed) in a *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. forest in Navarra (Spain). *Publ. Biol. Univ. Navarra, Ser. Bot.* 12:45-57.
- DONNINI, D., BENCIVENGA, M. (1995). Micorrize inquinanti frequenti nelle piante tartufigene. Nota 2- Inquinanti in campo. *Micol. Ital.* (1995) 2: 185-207.
- DUÑABEITIA, M.K., HORMILLA, S., SALCEDO, I., PEÑA, J.I. (1996). Ectomycorrhizae synthesized between *Pinus radiata* and eight fungi associated with *Pinus* spp. *Mycologia* 88(6): 897-908.
- ETAYO, M.L., MIGUEL, A.M. DE (1998). Estudio de las ectomicorrizas en una trufera cultivada situada en Olóriz (Navarra). *Publ. Biol. Univ. Navarra, Ser. Bot.* 11:55-114.
- FERNÁNDEZ DE ANA, F.J., RODRÍGUEZ, A. (1992). El fuego y la respuesta de los macromicetos del suelo en pinares de *Pinus pinaster* Ait. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales* 1(2): 137-150.
- GIRAUD, M. (1988). Prélèvement et analyse de mycorrhizes. Pp 49-63 in: CTIFL (ed.), *La truffe*, FNPT 10, Congrès de la trufficulture, Saintes, 27-28 novembre 1987.
- GOODMAN, D.M., DURALL, D.M., TROFYMOW, J.A., BERCH, S.M. (1996-2000). *A manual of concise descriptions of North American ectomycorrhizae*. Mycologue Publications. British Columbia.
- GRANETTI, B. (1995). Caratteristiche morfologiche, biometriche e strutturali delle micorrize di *Tuber* di interesse economico. *Micol. Ital.* (1995) 2: 101-117.
- HONRUBIA, M., TORRES, P., DÍAZ, G., CANO, A. (1992). *Manual para micorrizar plantas de viveros forestales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA.

- INGLEBY, K., MASON, P. A., LAST, F. T., FLEMING, L. V. (1990). *Identification of ectomycorrhizas*. I.T.E. research publication n° 5.
- JEFFRIES, P. (1999). *Scleroderma*. En: CAIRNEY, J.W.G., CHAMBERS, S.M. (eds.) *Ectomycorrhizal fungi. Key genera in profile*. Springer-Verlag. Berlin. Pp 187-200.
- JONSSON, L. DAHLBERG, A., NILSSON, T., ZACKRISSON, T., KAREN, O. (1999). Ectomycorrhizal fungal communities in late-successional swedish boreal forests, and their composition after wildfire. *Molecular Ecology* 8(2): 205-215.
- LE TACON, F., ÁLVAREZ, I.F., BOUCHARD, D., HENRION, B., JACKSON, R.M., LUFF, S., PARLADÉ, J.I., PERA, J., STENSTRÖM, E., VILLENEUVE, N., WALKER, C. (1992). Variations in field response of forest trees to nursery ectomycorrhizal inoculation in Europe. En: READ, D.J., LEWIS, D.H., FITTER, A.H., ALEXANDER, I.J. (eds.) *Mycorrhizas in ecosystems*. C.A.B. International. Wallingford. Pp 119-134.
- LoBUGLIO, K.F. (1999). *Cenococcum*. En: CAIRNEY, J.W.G., CHAMBERS, S.M. (eds.) *Ectomycorrhizal fungi. Key genera in profile*. Springer-Verlag. Berlin. Pp 287-310.
- LOIDI, J., BÁSCONES, J.C. (1995). *Mapa de series de vegetación de Navarra*. Gobierno de Navarra. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Pamplona.
- MANJÓN, J.L., GARCÍA-MONTERO, L.G., DI MASSIMO, G., DÍEZ, J. (1994). Preliminary study on different patterns of mycorrhization with *Tuber melanosporum* and *Boletus edulis*. *Forth European Symposium on Mycorrhizae. Book of abstracts*, 278.
- MARMEISSE, H., GRYTA, P., JARGEAT, P., FRAISSINET-TACHET, L., GAY, G., DEBAUD, J.C. (1999). *Hebeloma*. En: CAIRNEY, J.W.G., CHAMBERS, S.M. (eds.) *Ectomycorrhizal fungi. Key genera in profile*. Springer-Verlag. Berlin. Pp 89-128.
- MEOTTO, F., CARRATURO, P. (1987-88). Ectomicorrizia di *Sphaerospora brunnea* (A. & S.) Svrcek & Kubicka in piantine tartufigene. *Allionia* 28:109-116.
- MEOTTO, F., NOSENZO, C., FONTANA, A. (1995). Le micorrize delle specie pregiate di *Tuber*. *L'Informatore Agrario* LI (31): 41-45.

- MIGUEL, A. M. DE, SÁEZ, R. (1997). Análisis de micorrizas en truferas cultivadas de Navarra (España). *Publ. Biol. Univ. Navarra, Ser. Bot.* 10: 11-18.
- MIKOLA, P. (1973). Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice. En: MARKS, G.C., KOZLOWSKI, T.T. (eds.) *Ectomycorrhizae, their ecology and physiology*. Academic Press. New York. Pp 383-411.
- REYNA, S. (2000). *Trufa, truficultura y selvicultura trufera*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 229 pp.
- RODRÍGUEZ, J., ZAZO, J., SÁIZ DE OMEÑACA, J.A. (1997). Reforestación de tierras de cultivo abandonadas con pinos micorrizados artificialmente. *II Congreso Forestal Español Irati 97. Libro de Actas. Mesa 3*, 551-553.
- SÁEZ, R., MIGUEL, A.M. DE (1995). *Guía práctica de truficultura*. Ed. por I.T.G. Agrícola & Universidad de Navarra. 94 pp.
- SMITH, S.E., READ, D. (1997). *Mycorrhizal symbiosis*. 2ªed, Academic Press. San Diego. 605 pp.
- TIMONEN, S., TAMMI, H., SEN, R. (1997). Outcome of interactions between genets of two *Suillus* spp. and different *Pinus sylvestris* genotype combinations: identity and distribution of ectomycorrhizas and effect on early seedling growth in N-limited nursery soil. *New Phytologist* 137: 691-702.
- TORRES, P., HONRUBIA, M. (1994). A preliminary study on the effect of fire on ectomycorrhizal fungi in Mediterranean areas. *Proceedings of the Forth European Symposium on Mycorrhizae*, pp 148-151.
- VOIRY, H. (1981). Classification morphologique des ectomycorhizes du chêne et du hêtre dans le nord-est de la France. Seichamps, France. *Eur. J. For. Path.* 11: 2284-299.
- ZAK, B. (1973). Classification of ectomycorrhizae. En: MARKS, G.C., KOZLOWSKI, T.T. (eds.) *Ectomycorrhizae, their ecology and physiology*. Academic Press. New York. Pp 43-78.

