

# EFECTO DE LA SELVICULTURA TRUFERA SOBRE LA MICORRIZACIÓN DE UNA MASA FORESTAL MIXTA PRODUCTORA DE TRUFA NEGRA

S. REYNA<sup>1,2</sup>, S. GARCÍA BARREDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). C/Charles Darwin 14, Parque Tecnológico, 46980 Paterna (Valencia). santiago@ceam.es, sergi@ceam.es.

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia.

## Resumen

La producción trufera espontánea está sufriendo en las últimas décadas un acusado declive, debido principalmente al aumento de espesura de los bosques. En los últimos años se han realizado propuestas de actuación selvícola para paliar esta situación, en las que se enfoca la producción trufera como objetivo prioritario sólo supeditado a los condicionantes de conservación y evolución positiva de la masa. En el monte Palancar de Arriba (El Toro, Castellón) se ejecutó entre 1998 y 2001 un proyecto piloto de selvicultura trufera sobre una masa mixta de pino laricio, encina y quejigo. En 2001 se inició el seguimiento de la micorrización en varios de los rodales truferos tratados. Se estudió tanto las encinas truferas como otras no productoras. Tras cuatro años de seguimiento, se ha comprobado la persistencia de las poblaciones de ectomicorrizas de *Tuber melanosporum* Vitt. en los quemados y se ha caracterizado la comunidad de ectomicorrizas de estos rodales, dominada por *Cenococcum geophilum* Fr.

**Palabras clave:** *Tuber melanosporum*, ectomicorriza, *Quercus ilex*, masa mixta, clara

## Summary

Natural truffle production is in pronounced decline, due to forest densification. In recent years, some sylvicultural models have appeared in order to fight against this situation. They focus on truffle production as the main forest crop, that is only conditioned by soil conservation and progressive evolution of the vegetation. From 1998 to 2001, a truffle sylviculture project was carried out in the Mount of Palancar de Arriba (El Toro, Castellón), which is a dense forest of *Pinus nigra* Arnold, *Quercus ilex* L. and *Quercus faginea* Lam. In 2001, a monitoring of the mycorrhization was begun in some of the treated truffières. It consisted of a sampling of truffle trees and nearby non-producing trees. Four years later, it has been proved that ectomycorrhizas of *Tuber melanosporum* remain in the brûlés and the ectomycorrhizas' communities occurring in this sites have been characterised, where *Cenococcum geophilum* Fr. dominates.

**Key words:** *Tuber melanosporum*, ectomycorriza, *Quercus ilex*, mixed forest, thinning

## INTRODUCCIÓN

La trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) es un hongo ectomicorrícico que vive en simbiosis con encinas (*Quercus ilex* L. *ballota* Samp.) y quejigos (*Quercus faginea* Lam.), entre otras especies. Sus carpóforos (cuerpos fructíferos) alcanzan elevados precios por su valor culinario, lo que provoca que sean muy buscados. Son hipogeos y aparecen de manera espontánea en bosques y matorrales abiertos en los que el suelo recibe insolación directa (REYNA, 2000). Alrededor del árbol simbiote se produce una zona de escasa vegetación que se denomina "quemado".

En los últimos años la producción natural de trufa negra en España se encuentra en declive por el aumento de la espesura de las masas productoras (debido al abandono de la explotación rural tradicional y a las repoblaciones forestales) y por el intenso aprovechamiento, a veces unido a una gestión y prácticas culturales poco cuidadosas. Otras causas que también pueden haber influido son la tendencia del clima a la sequía, los incendios forestales, el aumento de las poblaciones de jabalí y la contaminación atmosférica (REYNA *et al*, 2002).

Para combatir esta desfavorable situación, la Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana ejecutó de 1998 a 2001 un proyecto piloto de selvicultura trufera en el monte Palancar de Arriba (T.M. El Toro, provincia de Castelló), siguiendo los criterios del CEAM (REYNA, 2000; REYNA *et al*, 2001) y en base a sendos proyectos final de carrera (GARCIA BARREDA, 1998; FOLCH 1999). En 2001 se inició un seguimiento anual de la micorrización en varios de los rodales truferos tratados. Con él se pretende evaluar la respuesta de *Tuber melanosporum* a los tratamientos, pero también abordar la caracterización de la comunidad de ectomicorrizas (ECM) del rodal trufero y

su entorno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los rodales truferos estudiados se encuentran a 1000-1100 m de altitud, sobre zonas con pendientes menores del 5%. Los suelos son coluviales y calizos. La vegetación es forestal y antes de ser tratada alcanzaba el borde de los quemados. Estaba dominada por pino laricio (*Pinus nigra* Arnold) de repoblación, con unos 30-45 años de edad, 1000-2500 pies/ha de densidad y altura dominante de 8-12 m. Bajo este estrato vegetaba un subpiso de encinas y quejigos con 20-250 matas/ha de densidad y forma de monte bajo. Las truferas sufrían un acusado declive productivo que había hecho desaparecer la producción en algunas de ellas durante los años anteriores y que, según los recolectores, ponía al resto en peligro en pocos años.

Los trabajos de selvicultura trufera crearon, alrededor de cada trufera, un claro circular. En él, se cortaron todos los pinos, se resalvearon y podaron las quercíneas (las truferas con menor intensidad) y se realizó un desbroce selectivo, respetando las quercíneas arbustivas y los escasos pies de *Juniperus thurifera* L., por ser ésta una especie protegida. Los restos de tala y desbroce se astillaron lejos del quemado y el claro se subsoló en estrella partiendo desde el borde del quemado. Como resultado, la vegetación de los rodales truferos quedó reducida a una corona de quercíneas adhesadas, con una Fracción de Cabida Cubierta (FCC) del 5-20%, rodeando al quemado (Figura 1a).

Para evaluar la respuesta de los rodales truferos a los tratamientos se decidió seguir la micorrización de los sistemas radicales, complementando estos datos con estimaciones de la producción de carpóforos. La medida de la producción de trufa es la manera más directa de evaluar el efecto de los tratamientos. Sin embargo, tiene varios inconvenientes: su significación se ve limitada porque se producen fuertes variaciones interanuales provocadas por factores climáticos como las precipitaciones estivales; y el secretismo reinante en el sector dificulta la obtención de datos completos. Mientras tanto, la micorrización puede indicar qué procesos están teniendo lugar en la comunidad ectomicorrízica: HERNÁNDEZ *et al* (2001) encontraron, en quemados productores de *Tuber melanosporum*, una relación positiva entre la proporción de ECM de esta especie y la producción de carpóforos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la relación entre la abundancia de ECM y la producción de carpóforos no es igual para todas las especies (GARDES & BRUNS, 1996; DAHLBERG, 2001).

Se eligieron nueve rodales truferos con características productivas relativamente homogéneas: cuatro de ellos tratados en 2001, cuatro tratados en 2000 y uno tratado en 1998. Mediante un sacabocados cilíndrico se tomaron muestras de suelo de 10 cm de profundidad y 100 ml de volumen. En cada rodal se establecieron dos transectos, en dirección norte y sur, y en cada transecto se tomaron muestras de situaciones consideradas representativas (Figura 1b):

- quemado trufero
- base del pie trufero: zona interior del sistema radical del trufero, que ya no forma parte del quemado
- regeneración de encina de la corona tratada, en el exterior del actual quemado
- encinas enclavadas en el pinar perimetral: testigo respecto de las encinas de la corona

Los muestreos se llevaron a cabo en primavera (mayo-junio), en un momento adecuado para la observación e identificación de las ECM de *Tuber melanosporum* (BONET *et al*, 2001), durante los años 2001 a 2004. La diferenciación de los hongos se efectuó mediante análisis morfológicos (morphotyping), siguiendo las directrices de AGERER (1987-1998) y con el apoyo de la literatura existente (VERLHAC, 1990; DE ROMÁN y DE MIGUEL, 2000; ETAYO, 2001).

Para estimar la producción de carpóforos se contaron al final de cada campaña los pozos de cada quemado. Se denomina pozo a la señal que los recolectores dejan al extraer la trufa de un punto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Micorrizas y producción de *Tuber melanosporum*

Las ECM de *Tuber melanosporum* son frecuentes en el quemado y la base del pie trufero, mientras que en el resto de encinas su presencia es más ocasional (Figura 2a). Sólo llegan a tener importancia cuantitativa en el quemado (Figura 2b), aunque los porcentajes son bajos respecto a los de las truferas de plantación (ÁGUEDA *et al*, 2001). No se observa una tendencia clara en relación

con el paso del tiempo, ya que la variabilidad es muy elevada. Esta variabilidad es característica de los estudios de ECM en campo (DAHLBERG, 2001). Sólo se intuye un avance claro de las ECM de *Tuber melanosporum* en el año 2003, tras el húmedo verano de 2002. En el resto, el porcentaje de ECM de *Tuber melanosporum* permanece relativamente estancado.

En cuanto a la producción de carpóforos (Figura 2c), antes y después de los trabajos se observa una fuerte correlación entre la producción del conjunto de España (que se usa como indicador de lo propicias que han sido las condiciones meteorológicas regionales para la producción trufera, a falta de datos comarcales) y la productividad de las truferas estudiadas (estudiada a través de los pozos). HERNÁNDEZ (2005) indica que la selvicultura trufera no comienza a mostrar sus efectos hasta varios años después de la ejecución. En las truferas estudiadas, los tres años que siguen a los trabajos selvícolas (2001-2003) fueron muy poco productivos, mientras que en la última campaña se ha observado una ligera mejoría respecto a las condiciones generales.

### **Comunidad de ECM**

La comunidad de ECM varía significativamente entre las posiciones estudiadas (Figura 3). En el quemado hay una baja densidad de ECM, aunque gran variedad y diversidad de morfotipos, con una relativa escasez de *Cenococcum sp.* En la base del pie trufero, hay gran densidad y variedad de ECM, aunque el dominio de *Cenococcum* provoca que la diversidad sea menor que en el quemado. En las encinas testigo del pinar, que no son productoras de trufa, dominan las ECM de *Cenococcum* y hay escasa variedad de ECM, apareciendo frecuentemente en las muestras algunas raíces de pino. En la corona tratada, en encinas que tampoco son productoras, hay menor densidad de ECM que en el pinar y una baja diversidad, y tras las cortas se observa un progresivo descenso en la densidad de ECM total y en la dominancia de *Cenococcum*. A los dos años de los trabajos selvícolas, han desaparecido las ECM de pino de la corona tratada, con lo que disminuye la competencia a la que se ven sometidas las ECM de las truferas y el resto de encinas.

### **Implicaciones selvícolas**

La selvicultura trufera pretende potenciar la producción trufera natural regulando la disponibilidad de luz y la competencia radical. Se crean las condiciones adecuadas para mantener y mejorar las truferas existentes, pero también para que aparezcan nuevas truferas.

El seguimiento de las micorrizas tras los trabajos selvícolas han puesto de manifiesto que la respuesta de las truferas no es inmediata, aunque la capacidad de respuesta podría estar condicionada por otros factores como la prolongada situación de declive que sufrían las truferas estudiadas y las desfavorables condiciones de aprovechamiento (el aprovechamiento es muy intenso y persisten prácticas indeseables como la extracción de trufas inmaduras). A pesar de todo, se observa una ligera mejoría productiva a partir de los 3-4 años, rompiendo la tendencia negativa anterior.

Por otra parte, en la corona tratada las condiciones ambientales (iluminación del suelo y desaparición de pinos) han provocado que la comunidad de ECM sea cada vez más diferente a la que existía bajo el pinar, por la reducida densidad de ECM, el bajo porcentaje de raíces micorrizadas y la ausencia de competencia de ECM de pino. Ello no ha significado una expansión de las ECM de *Tuber melanosporum*, en las encinas no truferas siguen presentándose de manera escasa.

La elevada variabilidad observada entre muestreos no permite ser concluyente en la interpretación de los datos, más aún cuando estos trabajos apenas han empezado a mostrar su efectividad.

### **Agradecimientos**

El Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) está financiado por la Generalitat Valenciana y Bancaixa.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- AGERER R, 1987-1998. *Colour atlas of ectomycorrhizae*. Eihorn-Verlag. Munich.
- ÁGUEDA B, FERNÁNDEZ M y DE MIGUEL A M, 2001. Ectomicorrizas presentes en la plantación trufera Los Quejigares (Soria). En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Granada, 25-28 septiembre. Tomo 2, pp. 100-106.
- BONET J A, FISCHER C R y COLINAS C, 2001. Evolución mensual en campo de las

- ectomicorrizas de *Tuber melanosporum* Vitt. inoculadas en plantas de *Quercus ilex*. En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Granada, 25-28 septiembre. Tomo 3, pp. 849-853.
- DAHLBERG A, 2001. Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field. *New Phytol.* 150: 555-562.
- DE ROMÁN M y DE MIGUEL A M, 2000. Identificación y descripción de las ectomicorrizas de *Quercus ilex* L subsp. *ballota* (Desf.) en una zona quemada y una zona sin alterar del carrascal de Nazar (Navarra). *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.* 13: 1-42.
- ETAYO M L, 2001. Seguimiento del estado de micorrización de una parcela de cultivo de trufa negra. Valoración del simbionte arbóreo y efecto del tratamiento de acolchado. Estudio preliminar de las micorrizas de un área trufera colindante. Tesis doctoral Univ. de Navarra (inéd).
- FOLCH L, 1999. Ordenación y Mejora Selvícola del aprovechamiento trufero en el Cuartel I del monte "El Palancar" de Castelló. Proyecto final de carrera Universidad Politécnica de Valencia (inéd).
- GARCIA BARREDA S, 1998. Ordenación y Mejora Selvícola del aprovechamiento trufero en el Cuartel II del monte "El Palancar" de Castelló. Proyecto final de carrera. Universidad Politécnica de Valencia (inéd).
- GARDES M & BRUNS T D, 1996. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views. *Can. J. Bot.* 74: 1572-1583.
- HERNÁNDEZ A, REYNA S, GINER M, FOLCH y TAGLIAFERRO F, 2001. El proyecto LIFE-MEDIO AMBIENTE "Revalorización de bosques productores de trufa: un ejemplo de gestión sostenible". En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Granada, 25-28 septiembre. Tomo 3, pp. 759-765.
- HERNÁNDEZ A, 2005. Revalorización de los bosques productores de trufa. En: *II Mostra de la Tòfona Negra dels Ports-Maestrat*. Ares del Maestre (Castelló), 12 febrero.
- REYNA S, 2000. *Trufa, truficultura y selvicultura trufera*. Mundi-Prensa. Madrid.
- REYNA S, RODRIGUEZ BARREAL J A, FOLCH L, PÉREZ BADIA R y GARCIA S, 2001. Selvicultura trufera en montes mediterráneos. En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Granada, 25-28 septiembre. Tomo 3, pp. 731-738.
- REYNA S, FOLCH L, JIMÉNEZ E y DE VICENTE J, 2002. La selvicultura trufera en encinares y quejigares: compatibilidad y limitaciones. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 14: 103-108.
- VERLHAC A, 1990. *La truffe guide pratique*. Ctifl. París.

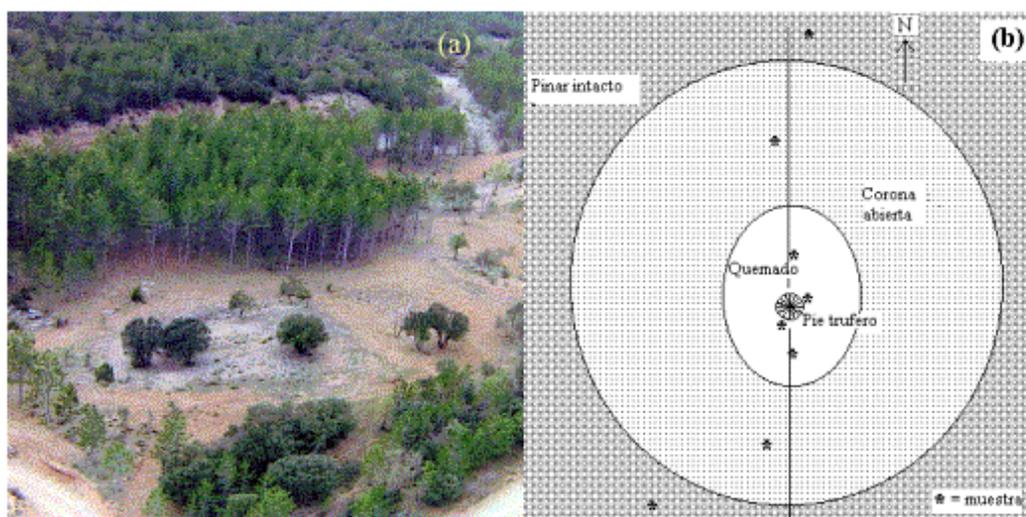


Figura 1 Rodales truferos tras los tratamientos: (a) aspecto general (b) esquema de muestreo (en la corona y el pinar las muestras se toman en la encina más cercana al transecto)

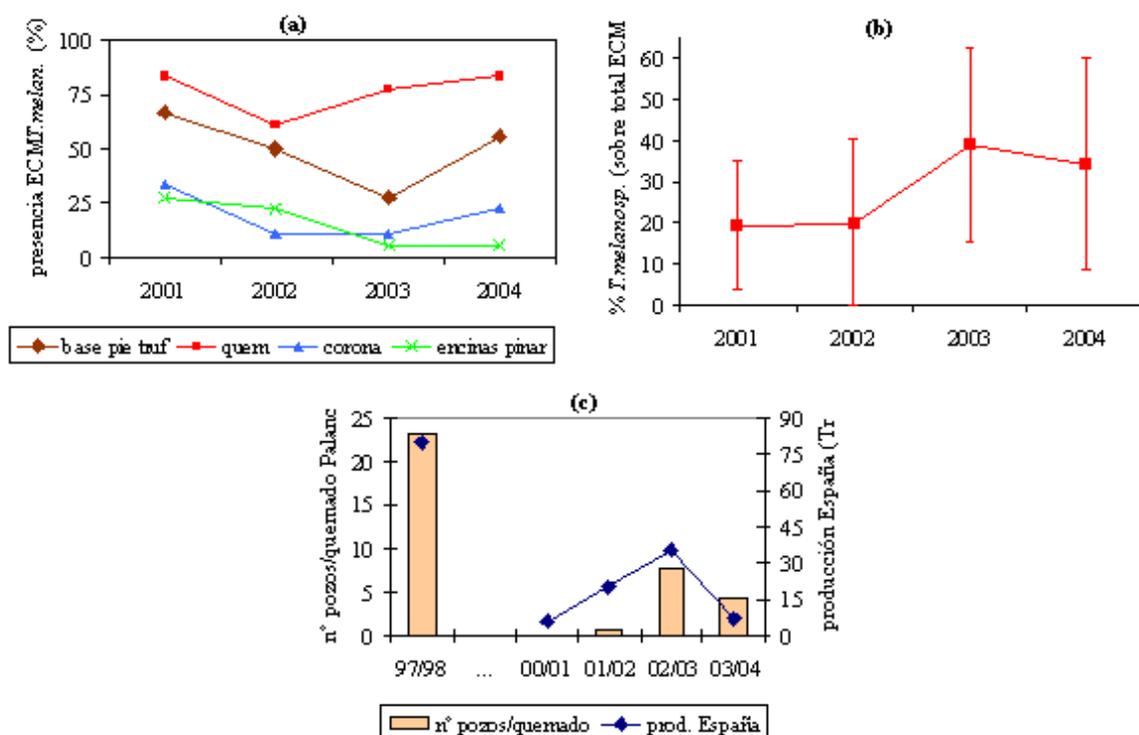


Figura 2 Tuber melanosporum en los rodales tratados: (a) porcentaje de aparición de las ECM de T. melanosporum en las muestras, (b) porcentaje de ECM de T. melanosporum en los quemados, (c) calidad productiva de los quemados (nº pozos), en relación con la variabilidad regional de la producción (estimada a partir de la producción trufera española)

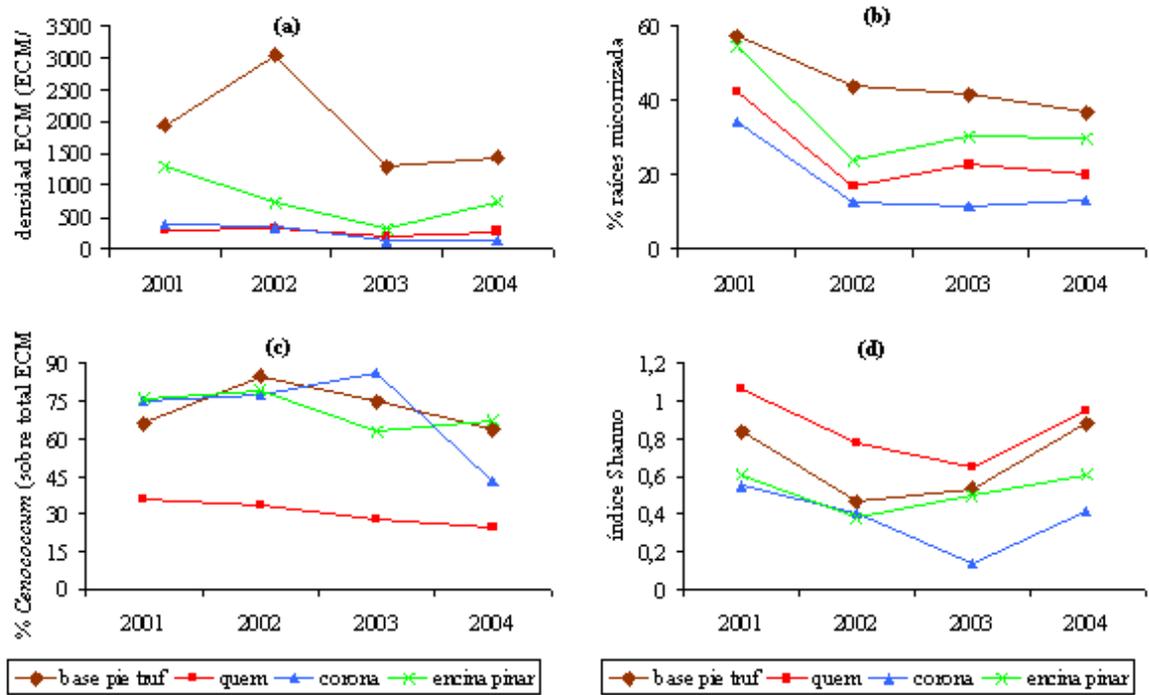


Figura 3 Comunidad de ECM en los rodales truferos tratados: (a) densidad de ECM total, (b) porcentaje de raíces micorrizadas, (c) porcentaje de Cenococcum sp. sobre el total de ECM, (d) diversidad de la comunidad de ECM