



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-211

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017  
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Impacto de distintos tratamientos de reducción de combustible sobre la producción y diversidad de carpóforos asociados con ecosistemas de *Cistus ladanifer* L.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.<sup>1,2</sup>, ORIA-DE-RUEDA, J.A.,<sup>1,3</sup>, PANDO, V.<sup>1,4</sup> y MARTÍN-PINTO, P.<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Gestión Forestal Sostenible, Universidad de Valladolid (UVa)-INIA, Av. Madrid, s/n, 34071, Palencia, España

<sup>2</sup> IDForest Biotecnología Forestal Aplicada, C/ Curtidores 17, 34004, Palencia, España

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Agroforestales, UVa, Av. Madrid, s/n, 34071, Palencia, España

<sup>4</sup> Departamento de Estadística e Investigación Operativa, UVa, Av. Madrid, s/n, 34071, Palencia, España

<sup>5</sup> Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales, UVa, Av. Madrid, s/n, 34071, Palencia, España

### Resumen

Los matorrales mediterráneos dominados por *Cistus ladanifer* pueden proporcionar una importante producción de hongos comestibles altamente demandados. Sin embargo, por sus características pirófitas, los incendios son la principal amenaza de estos ecosistemas. El objetivo de este estudio es analizar el efecto de diferentes tratamientos de reducción de combustible realizados en matorrales de *C. ladanifer* sobre la fructificación de hongos, para así mejorar la producción y diversidad micológica y prevenir los incendios forestales. Se establecieron 27 parcelas (100m<sup>2</sup>) en matorrales de diferente edad y origen: (a) jaral joven (8 años) procedente de un incendio forestal, (b) jaral joven (8 años) procedente de desbroce y (c) jaral senescente (20 años). Los tratamientos considerados fueron desbroce total, desbroce manual al 50% y quema controlada. Se muestreó semanalmente durante los periodos de producción otoñales entre 2010 y 2013. Todos los carpóforos fueron identificados y pesados en fresco y en seco. Se encontraron 157 taxones pertenecientes a 64 géneros. Se encontró mayor producción en los jarales de mediana edad comparada con los jarales senescentes. El rejuvenecimiento de jarales senescentes y la alternación de diferentes tratamientos de reducción de combustible en jarales jóvenes parecen ser las mejores pautas para el manejo sostenible de este recurso.

### Palabras clave

Manejo sostenible, prevención de incendios, setas, selvicultura.

### 1. Introducción

La recolección de hongos silvestres es un recurso de gran importancia socioeconómica especialmente en zonas rurales (BONET et al., 2014). El beneficio obtenido engloba tanto la comercialización y procesamiento del producto como su importancia como actividad recreativa y servicio ambiental (MARTÍNEZ DE ARAGÓN et al., 2011).

Las especies del género *Cistus* están asociadas con más de 200 especies de hongos ectomicorrizas de 40 géneros diferentes (COMANDINI et al., 2006). Este género está formado por varias especies de arbustos pirófitos (12 en la Península Ibérica), que se distribuyen principalmente alrededor de la cuenca mediterránea y constituyen etapas tempranas de sucesión en los ecosistemas forestales mediterráneos (AGUEDA et al., 2008). La especie *Cistus* más abundante en España es *Cistus ladanifer* L., que tiene una superficie de distribución de alrededor de 3 millones de hectáreas y está presente en el 15% de la superficie forestal del país (MARTÍN MORGADO et al., 2005). Estos ecosistemas proporcionan elevada producción de especies de hongos comestibles, algunos de ellos muy demandados por su interés gastronómico, como es el caso de *Boletus edulis*, una de las especies de mayor precio en los mercados españoles. Además, su fructificación ocurre mucho antes (3-4 años) que cuando está asociado a masas arbóreas (donde tarda 30-40 años en aparecer) (ORIA-

DE-RUEDA et al., 2008). El principal problema para la recolección de hongos en estos matorrales es que la alta densidad alcanzada en los puestos maduros dificulta la accesibilidad y está asociado a un elevado riesgo de incendios. Por lo tanto, el manejo selvícola dirigido a reducir la densidad facilitaría la recolección de hongos, aumentando el beneficio económico obtenido de este recurso. Aunque tradicionalmente la planificación y la ordenación forestales no han prestado mucha atención a la recolección de hongos, el creciente interés en este producto ha hecho cada vez más importante la gestión de los bosques para la producción de hongos (micosilvicultura) (SAVOIE & LARGETEAU, 2011).

Estudiar el efecto de diferentes tratamientos de reducción de combustible sobre la producción de hongos puede conducir a encontrar una opción adecuada para el manejo de matorrales de *C. ladanifer*, mejorando la producción de hongos comestibles y previniendo incendios en bosques adyacentes.

## 2. Objetivos

El objetivo de este estudio es analizar los efectos de diferentes tratamientos de reducción de combustibles en matorrales de *C. ladanifer* en comunidades fúngicas asociadas con el fin de potenciar la producción y diversidad de carpóforos y prevenir incendios forestales. Nuestros objetivos específicos son analizar la influencia de estos tratamientos en: 1) producción de carpóforos; 2) riqueza y diversidad de hongos; 3) la similitud de la composición específica de las comunidades fúngicas.

## 3. Metodología

### 3.1. Área de Estudio

El área de estudio está ubicada en la provincia de Zamora, en el noroeste de España. Se trata de un ecosistema mediterráneo dominado por *C. ladanifer* situado a 750-780 m sobre el nivel del mar. El suelo se clasifica como suborden de Inceptisol Xerept y se caracteriza por la pedregosidad, acidez (pH 5.0-5.5) y falta de calcio y fósforo. El clima es sub-mediterráneo con una estación seca de tres meses en el verano y una precipitación media anual de 450-700 mm. Las temperaturas medias oscilan entre 14,5 y 15,8 °C. Los datos climáticos fueron proporcionados por la estación meteorológica más cercana, situada en Alcañices (Agencia Española de Meteorología).

### 3.2. Tratamientos de reducción de combustible

Se establecieron parcelas en tres áreas donde la edad de *C. ladanifer* y el origen de la masa fueron diferentes: a) una zona de mediana edad (8 años) cuyo origen fue un incendio forestal, b) una zona de mediana edad (8 años) cuyo origen fue el desbroce total de la masa anterior, y c) una masa senescente (20 años) cuyo origen fue un incendio forestal. Los tratamientos se eligieron en función de su aplicabilidad de acuerdo con la edad de los rodales y las características de la vegetación: en las dos masas de mediana edad se realizaron los siguientes tratamientos: 1) Control; 2) Desbroce manual al 50%; 3) Desbroce total. Por otro lado, en la masa senescente, que presenta características óptimas para la ignición y propagación del fuego, los tratamientos de reducción de combustible estudiados fueron: 1) Control; 2) Desbroce total; 3) Quema controlada.

Los desbroces se llevaron a cabo en primavera de 2010, mientras la quema controlada se realizó con la ayuda de la EPRIF de Zamora (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) en octubre de 2010 bajo condiciones climáticas favorables. Los tratamientos se realizaron en fajas y los límites se marcaron con estacas de madera. Se establecieron tres parcelas de muestreo en cada uno de los tratamientos. Como resultado, se analizaron 27 parcelas de muestreo. Estas parcelas consistieron en transectos de 2m x 50m, establecidos de acuerdo con estudios previos (Luoma et al., 1991; Smith et al., 2002).

### 2.3. Muestreo y análisis de datos.

Se recolectaron semanalmente todos los carpóforos durante la temporada de otoño desde finales de octubre hasta finales de diciembre de 2010 a 2013. Los carpóforos recogidos fueron transportados al laboratorio y almacenados a 4°C. Posteriormente se identificaron las especies, se clasificaron en función de su grupo trófico (micorrízica o saprófita), y se tomaron datos de peso fresco y seco (biomasa). Además, se calculó el índice de diversidad de Shannon H' (SHANNON & WEAVER, 1949) basado en el peso en seco de los carpóforos (DAHLBERG, 1991), de acuerdo a la siguiente expresión:  $H' = -\sum p_i (\ln p_i)$ , donde el coeficiente  $p_i$  indica la proporción de la biomasa total de cada especie fúngica. También se tomaron datos de producción en peso fresco [ $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ].

Se utilizó un modelo lineal mixto de análisis de varianza con medidas repetidas para el análisis estadístico, considerando tres factores inter-sujetos (origen de la masa con tres niveles, tratamiento con nueve niveles anidados en el origen de masa y año con cuatro niveles como efecto aleatorio) y un factor intra-sujetos (modo de vida, con dos niveles). Se utilizó el test LSD de Fisher para la comparación de tratamientos dentro de un mismo origen mientras que para la comparación de tratamientos anidados en distintos orígenes se realizó mediante un test de contrastes individuales tras haber eliminado el efecto del origen. Los datos de peso fresco se transformaron logaritmicamente para satisfacer la suposición normalidad de residuales.

El efecto de los tratamientos de reducción de combustible en la composición específica se analizó mediante un análisis de varianza multivariante (perManova). Además, se utilizó un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) a partir de la matriz de similitud "Jaccard" para representar gráficamente las diferencias en la composición de la comunidad fúngica. Por último, con el fin de facilitar la interpretación, se utilizaron las elipses de error estándar de cada tratamiento selvícola para ilustrar la posición de cada tratamiento en los gráficos. Estos análisis se realizaron mediante las funciones "adonis", "metaMDS" y "ordiellipse" del paquete vegan (OKSANEN et al., 2015) del software R. Los taxones que se registraron sólo un día de muestreo y sólo en una parcela fueron excluidos del análisis. El nivel de significación fue p-valor <0,05 en todo el análisis estadístico.

## 4. Resultados

### 4.1. Información General

Se recogieron 63436 carpóforos de las 27 parcelas (2700 m<sup>2</sup> totales), durante los cuatro años de muestreo. Los hongos se clasificaron en 157 taxones diferentes pertenecientes a 64 géneros. Se encontró un mayor número de taxones saprotrofos (95 taxones, 61%), mientras que el 39% (62 taxones) fueron identificados como micorrízicos.

### 4.2. Efecto de los tratamientos en la producción, riqueza y diversidad de carpóforos

La producción media total de peso fresco encontrada en este estudio fue 157,45 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Los taxones micorrízicos mostraron menor producción y diversidad en aquellos tratamientos donde la vegetación fue completamente eliminada, los valores más altos se presentaron en las parcelas de control y los tratamientos de desbroce al 50%. La tendencia de los datos sugiere que la producción de la masa senescente es menor que en matorrales de mediana edad. En el caso de los taxones saprotrofos, la única diferencia significativa fue la quema controlada, que presentó la menor producción y diversidad (Figura 1).

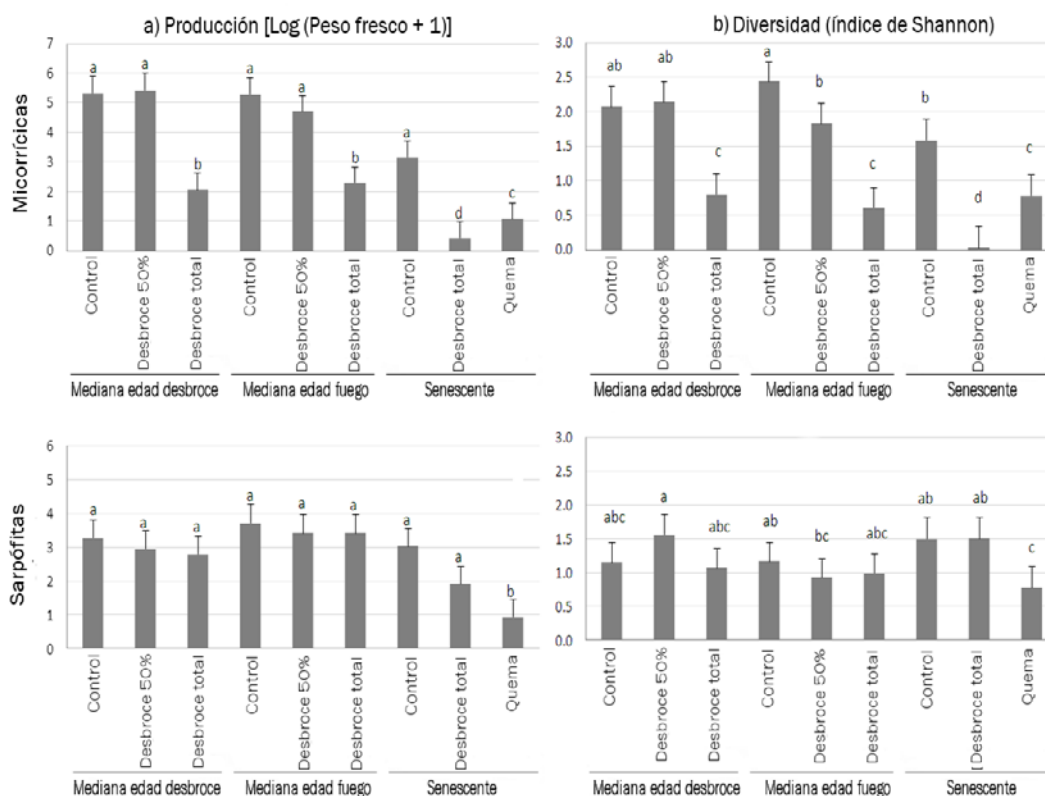


Figura 1. Producción (a) y diversidad (b) de especies fúngicas en función de sus características tróficas (micorrizas y saprófitas) para cada uno de los tratamientos. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferente (modificado a partir de (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015))

#### 4.3. Similitud entre tratamientos y composición específica

El efecto del tratamiento, el origen de la masa y su interacción afectaron significativamente la composición de las especies ( $p$ -valores: 0,001, 0,002 y 0,001, respectivamente). El gráfico de ordenación NMDS (estrés: 0,19, Figura 2) y las elipses de error estándar mostraron una ordenación de las parcelas con respecto a la edad de las parcelas a lo largo del eje 1. Todos los tratamientos situados en los matorrales de media edad de 8 años se localizan en la izquierda, mientras que todos los tratamientos situados en la masa de 20 años de edad se encuentran en la parte derecha. Entre las parcelas ubicadas en las masas de 8 años, también hay una ordenación a lo largo del eje 2, en la que los tratamientos situados en la masa procedente de un incendio se encuentran en la parte superior de la parcela mientras que las parcelas ubicadas en el matorral cuyo origen fue el desbroce total de la masa anterior se ubican en la parte inferior de la figura. Los dos tratamientos de desbroce al 50% son muy similares a los tratamientos de control ubicados en la misma masa según su composición específica (Figura 2).

## 5. Discusión

### 5.1. Datos generales

Los ecosistemas de *C. ladanifer* ocupan grandes áreas de la Península Ibérica, Norte de África, y otras regiones del Mediterráneo. Un manejo adecuado de estos ecosistemas puede disminuir el riesgo de incendios y aumentar la producción y diversidad de comunidades de hongos, incrementando el valor económico y ecológico de estas áreas. Este es el primer estudio de la influencia de diferentes técnicas de reducción de combustible en comunidades fúngicas asociadas a

matorrales de *C. ladanifer*. Dado que los gestores forestales de la zona de estudio solicitaron este trabajo, nuestros resultados son especialmente valiosos ya que tendrán aplicación directa en estos ecosistemas.

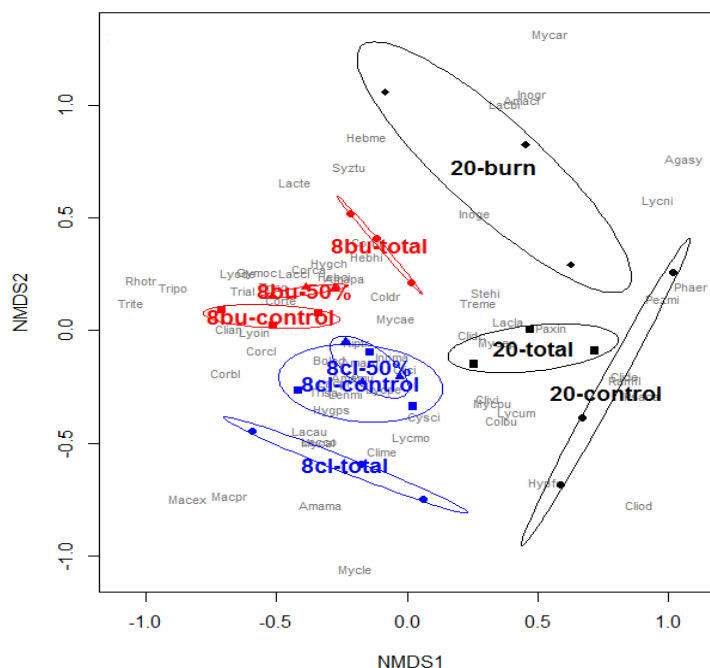


Figura 2. Ordenación de especies fúngicas, parcelas y tratamientos de acuerdo con el análisis NMDS. La distribución de los tratamientos está expresada mediante elipses de error estándar (intervalos de confianza del 95%). 8 ci: masa de mediana edad procedente de desbroce; 8bu: masa de mediana edad procedente de fuego; 20: masa senescente. 50%: desbroce al 50%; Total: desbroce total; Burn: Quema controlada. (Fuente: HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015)

El elevado número de taxones totales encontrados (157) durante el período de muestreo es notable, teniendo en cuenta que las parcelas de *C. ladanifer* están localizadas en suelos degradados y pedregosos. La riqueza fúngica encontrada en estos ecosistemas es similar o incluso mayor que el número de taxones encontrados en algunos estudios de masas arbóreas maduras. GASSIBE et al., (2011) encontró 115 taxones de hongos en un estudio de cuatro años en una masa de *Pinus pinaster* cercana. MARTÍNEZ-PEÑA et al., (2012) hallaron 119 especies en un estudio de diez años en los cultivos de *Pinus sylvestris* de diferentes clases de edad y BAPTISTA et al. (2010) encontraron 73 especies diferentes en un estudio de cuatro años en *Castanea sativa* en Portugal.

## 5.2. Efecto de los tratamientos en la producción, riqueza y diversidad de carpóforos

La perturbación temporal causada por tratamientos selvícolas puede disminuir la producción de hongos durante los primeros años (EGLI et al., 2010). En general los bosques jóvenes presentan mayor producción que los maduros (BONET et al., 2004). La tendencia de menor producción en los matorrales senescentes se puede explicar por la menor actividad fotosintética del matorral y su menor crecimiento. Por lo tanto, para mejorar este recurso, la gestión debe estar dirigida a rejuvenecer masas senescentes *C. ladanifer*.

La mayor producción, la riqueza y la diversidad de especies micorrícicas en los tratamientos donde la vegetación no se eliminó por completo es un resultado esperado considerando que estas especies requieren la presencia de una especie de planta huésped para su supervivencia. El desbroce al 50% en los rodales de 8 años presenta una producción similar a las parcelas de control. Este tratamiento puede reducir la cantidad de combustible, disminuyendo así la intensidad del fuego

forestal y facilitando su extinción. Además, facilita la accesibilidad y la recolección de hongos al disminuir la densidad de matorrales.

No se encontraron diferencias en la riqueza de especies de especies saprófitas dentro de los dos matorrales de 8 años de edad. Tras la corta del matorral, las nuevas condiciones de suelo y luz pueden facilitar el establecimiento de especies heliófilas (CLARK & ST. CLAIR, 2011). Además, se encontró un gran número de especies saprotróficas exclusivamente en las parcelas control de la masa senescente, lo que puede ser debido a la gran cantidad de materia orgánica presente en esta zona.

### 5.3. Similitud entre tratamientos y composición específica

Las diferencias en la composición específica se reflejan en el gráfico de ordenación NMDS (Figura 2). La ordenación de los tratamientos a lo largo del eje 1 muestra diferentes composiciones específicas en las distintas edades. Después de una perturbación, el banco de esporas y otros propágulos resistentes desempeñan un papel esencial en la recuperación de la comunidad fúngica (BUSCARDO et al., 2010), cuya composición puede ser diferente para las dos edades diferentes.

Además, la ordenación vertical de las dos masas de mediana edad largo del eje 2 dependiendo de su origen puede deberse a que la sucesión fúngica sea diferente dependiendo de si el matorral se estableció después de un incendio forestal o después de un desbroce total, ya que la alteración de las propiedades del suelo por el fuego puede influir en la composición de las comunidades de hongos (ANDERSON & CAIRNEY, 2007).

La composición específica del desbroce al 50% es similar a las parcelas de control ubicadas en la misma masa. Además, la mayor parte de las especies de hongos comestibles más valoradas, como *Boletus edulis*, *Leccinum corsicum*, *Lyophilum* spp., *Amanita rubescens* o *Lactarius aurantiacus* siguen fructificando tras este tratamiento. Respecto al desbroce total en las masas de mediana edad, se encontraron varias especies heliófilas típicas de pastizales y áreas abiertas, como *Macrolepiota* spp. Algunas de estas nuevas especies son comestibles, por lo que su aprovechamiento podría proporcionar un nuevo beneficio económico.

En cuanto a las parcelas ubicadas en la masa senescente, encontramos varias especies que suelen asociarse con las etapas tardías de la sucesión de bosques como *Amanita citrina*, *Hypoholoma fasciculare* o *Agaricus sylvicola*. Este hecho, junto con una mayor riqueza fúngica, puede indicar que, aunque la producción de hongos en estas parcelas fue menor, la conservación de algunas áreas senescentes también podría aumentar la riqueza y diversidad de hongos.

## 6. Conclusiones

De acuerdo con los resultados de este trabajo, el rejuvenecimiento de los matorrales senescentes puede aumentar la producción de hongos y disminuir el alto riesgo de incendio asociado a estas áreas, cuyas características son óptimas para el inicio y propagación del fuego. Además, el desbroce al 50% en matorrales de mediana edad produce altas producciones de algunas especies valiosas como *B. edulis*, *L. corsicum* o *Lyophilum decastes*. Este tratamiento puede facilitar la recolección de setas al tiempo que disminuye la cantidad de combustible y evita la propagación de incendios forestales. Por otra parte, la eliminación total de la vegetación mediante desbroce mecánico en algunas áreas puede favorecer la aparición de nuevas especies heliófilas comestibles, a la vez que rompe la continuidad del combustible completamente.

Por último, el mantenimiento de algunos parches de matorrales senescentes contribuiría a mantener una alta diversidad y riqueza fúngica en la zona al conservar especies fúngicas que se adaptan exclusivamente este tipo de masas. Este manejo en mosaico integrando los diferentes

tratamientos debe estar bien planeado de modo que las masas senescentes puedan actuar como una fuente de propágulos para áreas adyacentes. Una gestión adecuada incrementaría los beneficios económicos en estos ecosistemas tradicionalmente considerados improductivos y generalmente ubicados en zonas rurales económicamente desfavorecidas. Para más información consultar HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015)

## 7. Agradecimientos

Proyecto de investigación AGL2012-40035-C03-02 (Ministerio de Economía y Competitividad de España); Proyecto VA206U13 (Junta de Castilla y León). Beca FPI-Uva. Servicio Territorial de Zamora de la Consejería de Desarrollo y Medio Ambiente (Junta de Castilla y León) (financiación de los tratamientos selvícolas).

## 8. Bibliografía

AGUEDA, B.; PARLADÉ, J.; FERNÁNDEZ-TOIRÁN, L.M.; CISNEROS, O.; DE MIGUEL, A.M.; MODREGO, M.P.; MARTÍNEZ-PEÑA, F., PERA, J.; 2008. Mycorrhizal synthesis between *Boletus edulis* species complex and rockroses (*Cistus* sp.). *Mycorrhiza* 18 443–449.

ANDERSON, I.C.; CAIRNEY, J.W.G.; 2007. Ectomycorrhizal fungi: exploring the mycelial frontier. *FEMS Microbiol. Rev.* 31 388–406.

BAPTISTA, P.; MARTINS, A.; TAVARES, R.M.; LINO-NETO, T.; 2010. Diversity and fruiting pattern of macrofungi associated with chestnut (*Castanea sativa*) in the Trás-os-Montes region (Northeast Portugal). *Fungal Ecol.* 3 9–19.

BONET, J.A.; FISCHER, C.R.; COLINAS, C.; 2004. The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the central Pyrenees. *For. Ecol. Manage.* 203 157–175.

BONET, J.A.; GONZÁLEZ-OLABARRIA, J.R.; MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; 2014. Mushroom Production as an Alternative for Rural Development in a Forested Mountainous Area. *J. Mt. Sci.* 11 535–543.

BUSCARDO, E.; RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; MARTÍN, M.P.; DE ANGELIS, P.; PEREIRA, J.S.; FREITAS, H.; 2010. Impact of wildfire return interval on the ectomycorrhizal resistant propagules communities of a Mediterranean open forest. *Fungal Biol.* 114 628–36.

CLARK, A.L.; ST. CLAIR, S.B.; 2011. Mycorrhizas and secondary succession in aspen–conifer forests: Light limitation differentially affects a dominant early and late successional species. *For. Ecol. Manage.* 262 203–207.

COMANDINI, O.; CONTU, M.; RINALDI, A.C.; 2006. An overview of *Cistus* ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 16 381–95.

DAHLBERG, A.; 1991. Ectomycorrhiza in coniferous forest-structure and dynamics of populations and communities, PhD Thesis. ed. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.



EGLI, S.; AYER, F.; PETER, M.; EILMANN, B.; RIGLING, A.; 2010. Is forest mushroom productivity driven by tree growth? Results from a thinning experiment. *Ann. For. Sci.* 67 509–509.

GASSIBE, P. V.; FABERO, R.F.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; ORIA-DE-RUEDA, J.A.; MARTÍN-PINTO, P.; 2011. Fungal community succession following wildfire in a Mediterranean vegetation type dominated by *Pinus pinaster* in Northwest Spain. *For. Ecol. Manage.* 262 655-662.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; ORIA-DE-RUEDA, J.A.; PANDO, V.; MARTÍN-PINTO, P.; 2015. Impact of fuel reduction treatments on fungal sporocarp production and diversity associated with *Cistus ladanifer* L. ecosystems. *For. Ecol. Manage.* 353 10–20.

LUOMA, D.L.; FRENKEL, R.E.; TRAPPE, J.M.; 1991. Fruiting of Hypogeous Fungi in Oregon Douglas-Fir Forests: Seasonal and Habitat Variation. *Mycología* 83 335–353.

MARTÍN MORGADO, J.; TAPIAS, R.; ALESSO, P.; 2005. Producción de goma bruta de jara (*Cistus ladanifer* L.) en el suroeste de la península ibérica, En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.) Actas 4º Congreso Forestal Español. Zaragoza, España, p. 257.

MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; RIERA, P.; GIERGICZNY, M.; COLINAS, C.; 2011. Value of wild mushroom picking as an environmental service. *For. Policy Econ.* 13 419–424.

MARTÍNEZ-PEÑA, F.; DE-MIGUEL, S.; PUKKALA, T.; BONET, J.A.; ORTEGA-MARTÍNEZ, P.; ALDEA, J.; MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; 2012. Yield models for ectomycorrhizal mushrooms in *Pinus sylvestris* forests with special focus on *Boletus edulis* and *Lactarius group deliciosus*. *For. Ecol. Manage.* 282 63–69.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; WAGNER, H.; 2015. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.2-1. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

ORIA-DE-RUEDA, J.A.; MARTÍN-PINTO, P.; OLAIZOLA, J.; 2008. Bolete productivity of cistaceous scrublands in northwestern Spain. *Econ. Bot.* 62 323–330.

SAVOIE, J.-M.; LARGETEAU, M.L.; 2011. Production of edible mushrooms in forests: trends in development of a mycosilviculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 89 971–979.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W.; 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.

SMITH, J.E.; MOLINA, R.; HUSO, M.M.P.; LUOMA, D.L.; MCKAY, D.; CASTELLANO, M.A.; LEBEL, T.; VALACHOVIC, Y.; 2002. Species richness, abundance, and composition of hypogeous and epigeous ectomycorrhizal fungal sporocarps in young, rotation-age, and old-growth stands of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Cascade Range of Oregon, USA. *Can. J. Bot.* 80 186–204.