

Revisión y caso de estudio sobre manejo de cosistemas pirófitos mediterráneos dominados por *Cistus ladanifer*

Review and case study on the management of Mediterranean pyrophyte ecosystems dominated by *Cistus ladanifer*

Pablo Martín-Pinto

Investigador del IUGFS en micología aplicada e incendios forestales. Instituto Universitario en Gestión Forestal Sostenible de la Universidad de Valladolid. Correo electrónico: pmpinto@pvs.uva.es

Recibido: 25 de enero de 2019.

Aprobado: 5 de julio de 2019.

RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo revisar la investigación realizada sobre la prevención de incendios forestales en jarales mediterráneos mediante la puesta en valor de los recursos micológicos. *Cistus ladanifer* (jara pringosa) es un matorral pirófito mediterráneo ampliamente distribuido en la Península Ibérica, que se asocia a numerosas especies de hongos, algunos de los cuales son muy valorados, como el *Boletus edulis*. Un adecuado manejo de estas zonas contribuiría a disminuir el riesgo de incendio y aumentar el beneficio económico derivado del aprovechamiento de hongos. Por lo tanto, el principal objetivo de esta revisión es encontrar las mejores prácticas de manejo de ecosistemas mediterráneos dominados por *C. ladanifer*, para incrementar la producción micológica y prevenir los incendios forestales. Se estableció un diseño experimental en el que analizaron las comunidades de hongos asociadas a distintos tratamientos, conociendo la diversidad y producción fúngica asociada al ecosistema, bajo diferentes parámetros de gestión enfocados a la prevención de incendios. Se modelizó la producción de las especies más interesantes. Como resultado principal se demostró la elevada diversidad fúngica asociada a estos ecosistemas, respaldando el interés de conservación de estos hábitats. Como conclusión general se deduce que el manejo adecuado de estas áreas produciría importantes beneficios económicos derivados del aprovechamiento micológico en estos ecosistemas que tradicionalmente han sido considerados improductivos y generalmente se encuentran en zonas rurales económicamente desfavorecidas.

Palabras clave: *Boletus edulis*; fuego; gestión forestal; hongos; matorral.

ABSTRACT

The aim of this work is to review the research carried out on the prevention of forest fires in Mediterranean jarales through the enhancement of mycological resources. *Cistus ladanifer* (jara pringosa) is a Mediterranean pyrophyte scrub widely distributed in the Iberian Peninsula, which is associated with numerous species of fungi, some of which are highly valued, such as the *Boletus edulis*. Adequate management of these areas would contribute to reduce the risk of fire and increase the economic benefit derived from the use of fungi. Therefore, the main objective of this review is to find the best management practices of Mediterranean ecosystems dominated by *C. ladanifer*, to increase mycological production and prevent forest fires. An experimental design was established in which they analyzed the communities of fungi associated to different treatments, knowing the diversity and fungal production associated to the ecosystem, under different parameters of management focused on the prevention of fires. The production of the most interesting species was modelled. As a main result, the high fungal diversity associated with these ecosystems was demonstrated, supporting the conservation interest of these habitats. As a general conclusion, it can be deduced that the adequate management of these areas would produce important economic benefits derived from the mycological exploitation in these ecosystems that traditionally have been considered unproductive and are generally found in economically disadvantaged rural areas.

Key words: *Boletus edulis*; fire; forest management; mushrooms; scrub.

INTRODUCCIÓN

El género *Cistus* es uno de los más característicos entre los matorrales mediterráneos. Se distribuye principalmente alrededor del Mediterráneo y en la Península Ibérica está representado por doce especies (Águeda *et al.*, 2008). Dentro de este género, la especie más abundante es *Cistus ladanifer*, cuya área de distribución se limita a la parte más occidental de la Región Mediterránea (Guzmán y Vargas, 2009).

Se trata de una especie pirófito que constituye los primeros estadios de sucesión en ecosistemas mediterráneos. Las masas senescentes presentan características óptimas para la ignición y propagación de incendios y tiene una elevada capacidad de colonizar zonas quemadas (Bastida y Talavera, 2002).

Aunque tradicionalmente estos ecosistemas apenas proporcionaban beneficios económicos, *C. ladanifer* se asocia a un importante número de especies de hongos, algunos de ellos con alto valor de mercado, como *Boletus edulis* (Voces *et al.*, 2012). Por tanto, estos ecosistemas pueden constituir una importante fuente de beneficios económicos para la población rural. Es necesario establecer pautas de manejo que permitan la conservación de este tipo de ecosistemas, disminuyendo el riesgo de incendios y maximizando el beneficio obtenido por el aprovechamiento de setas, lo que constituye el principal objetivo de este estudio. Los objetivos específicos de la misma son:

1. Analizar la sucesión de la comunidad fúngica tras el fuego en un ecosistema mediterráneo dominado por *C. ladanifer*.
2. Estudiar el efecto de diferentes tratamientos de reducción de combustible en estos ecosistemas sobre la producción y diversidad de setas.
3. Desarrollar modelos empíricos predictivos basados en variables climáticas para predecir la producción y diversidad de setas en estos ecosistemas, prestando especial atención a la producción de *B. edulis*.
4. Determinar las prácticas de manejo que producen mayores beneficios económicos, atendiendo a la producción de hongos y biomasa de estos ecosistemas.
5. Estudiar el efecto de los tratamientos de reducción de combustible sobre la diversidad de hongos presentes en el suelo (micelio).

El trabajo está dividido en cuatro secciones publicadas en diferentes revistas científicas (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2017; 2015; 2015; 2013) y un manuscrito en preparación, que responden a cada uno de los objetivos específicos de la revisión (Figura 1).

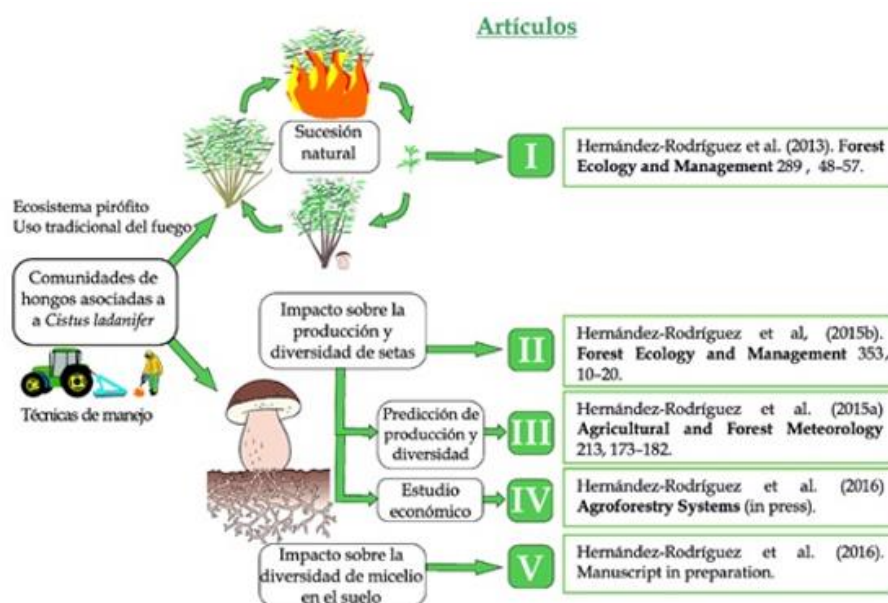


Fig. 1 - Esquema de la revisión y cada una de las publicaciones asociadas a ella

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza en el término municipal de Rabanales, provincia de Zamora, al noroeste de la Península Ibérica.

Dentro de esta zona, se seleccionaron diversas masas dominadas por *C. ladanifer*, donde se establecieron parcelas de muestreo en forma de transectos lineales 2m x 50 m. Para el estudio de sucesión tras el fuego se seleccionaron dos zonas, una recién quemada y una masa madura y se establecieron seis parcelas en cada una de ellas.

Por otro lado, para los estudios de los tratamientos de reducción de combustible se establecieron parcelas en tres áreas, en las que la edad de *C. ladanifer* y el origen de la masa fueron diferentes: una zona de mediana edad (ocho años), cuyo origen fue un incendio forestal; una zona de mediana edad (ocho años), cuyo origen fue el desbroce total de la masa anterior y 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: control; desbroce manual al 50 % y 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: control; desbroce total; quema controlada.

Se recolectaron semanalmente todos los carpóforos durante la temporada de otoño de 2003 a 2006, para el estudio de sucesión, y de 2010 a 2013 para el estudio del efecto de los tratamientos. 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 and Weaver, 1948), basado en el peso en seco de los carpóforos (Dahlberg, 1991).

Por último, se tomaron cinco muestras de suelo a lo largo de cada uno de los transectos, para el estudio sobre micelio en el suelo. Estas muestras fueron procesadas para la extracción de ADN y se llevó a cabo un análisis del mismo mediante técnicas de secuenciación masiva. Todos los datos fueron sometidos a diversas técnicas estadísticas, en función de sus características y la finalidad del estudio.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Este trabajo aborda diferentes aspectos ecológicos y económicos para adquirir un conocimiento en profundidad de las comunidades fúngicas asociadas con los jarales de *C. ladanifer*, proporcionando una serie de pautas para el manejo sostenible de estas zonas.

Se encontró un número muy elevado de especies de hongos que fructifican en estos ecosistemas: 146 especies en el estudio de sucesión tras el fuego y 157 especies en el estudio de efecto de los tratamientos. Además, el estudio de las muestras de suelo demostró que existe una enorme cantidad de hongos asociados a la rizosfera de *C. ladanifer*.

De acuerdo con los resultados de esta investigación, existe una disminución en la riqueza y diversidad de carpóforos el primer año después del incendio. Sin embargo, el número de especies y la diversidad mostraron valores bastante similares en ambas etapas de sucesión, dos años después del fuego (Figura 2).

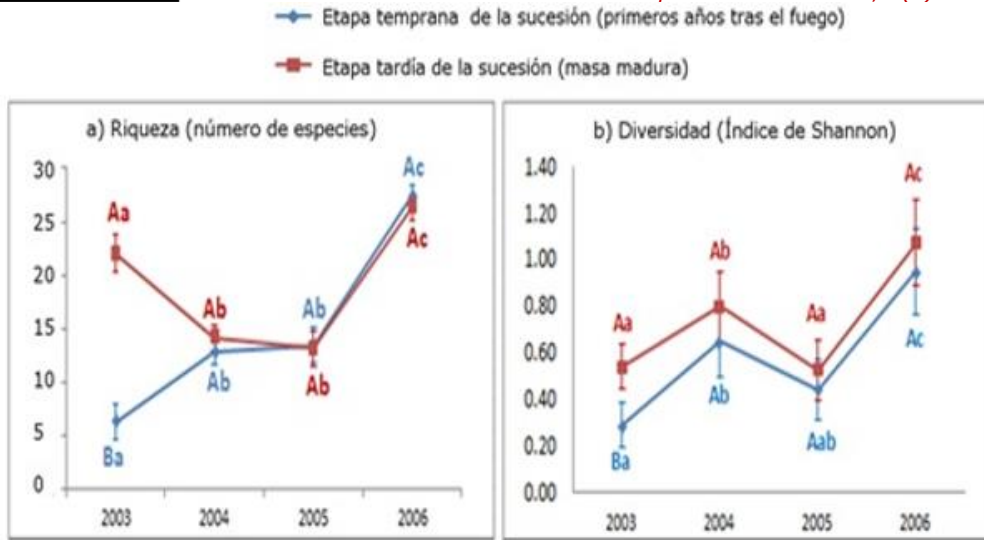


Fig. 2 - Número de especies(a) y diversidad (b) de hongos encontrados en las dos etapas de sucesión tras el fuego en masas dominadas por *C. ladanifer*
Fuente: Hernández-Rodríguez *et al.* (2013)

En cuanto al efecto de diferentes tratamientos de reducción de combustibles, la composición específica de las tres masas diferentes estudiadas es significativamente diferente entre sí, considerando tanto la producción de carpóforos como las comunidades fúngicas del suelo (Figura 3) y (Figura 4). Además, el efecto de los tratamientos no afectó significativamente al micelio de hongos en el suelo entre tratamientos ubicados en un mismo origen de la masa, pero sí lo hizo considerando la producción de setas. Por lo tanto, aunque las nuevas condiciones creadas por la eliminación de la vegetación alteran la fructificación fúngica, el micelio de las diferentes especies es capaz de permanecer en el suelo.

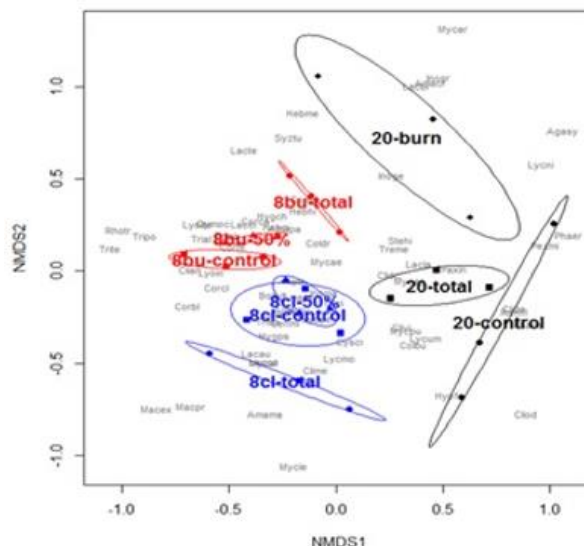


Fig. 3 - Ordenación de especies fúngicas, parcelas y tratamientos de acuerdo con el análisis NMDS. La distribución de los tratamientos está expresada mediante elipses de error estándar (intervalos de confianza del 95 %).

8 cl: 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)

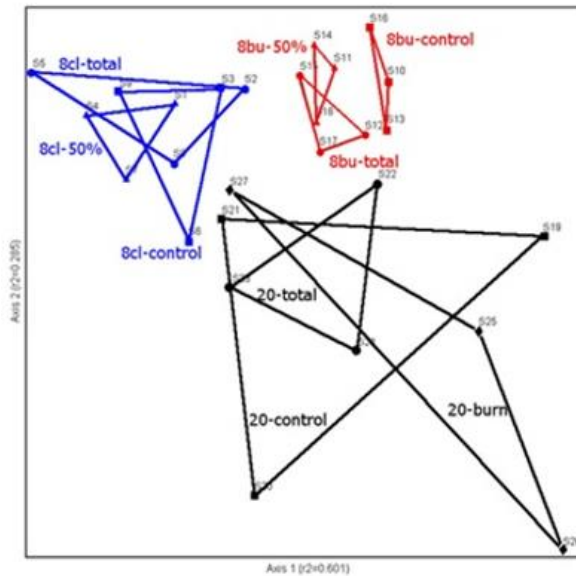


Fig. 4 - Gráfico de ordenación NMDS para las comunidades fúngicas del suelo, basado en la abundancia de unidades taxonómicas en el suelo

8 cl: 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

Se observó una mayor producción de hongos en los dos matorrales jóvenes, en comparación con el suelo senescente, lo que puede ser explicado por la menor actividad fotosintética del matorral senescente y su menor crecimiento. Por lo tanto, para aumentar la producción de hongos, la gestión debe estar dirigida a rejuvenecer jarales senescentes.

La producción, riqueza y diversidad de setas de especies micorrícicas fueron significativamente mayores en los tratamientos en los que la vegetación no se eliminó por completo (Figura 5). Este es un resultado esperado, teniendo en cuenta que este tipo de especies requiere la presencia de una planta huésped para su supervivencia (Dahlberg, 2002). Sin embargo, no se encontraron diferencias en la riqueza de especies saprófitas dentro de los dos matorrales jóvenes. Las nuevas condiciones de suelo y luz creadas al eliminar la vegetación, pueden facilitar el establecimiento de especies pioneras (Clark y St. Clair, 2011), muchas de las cuales tienen ecología saprotrófica.

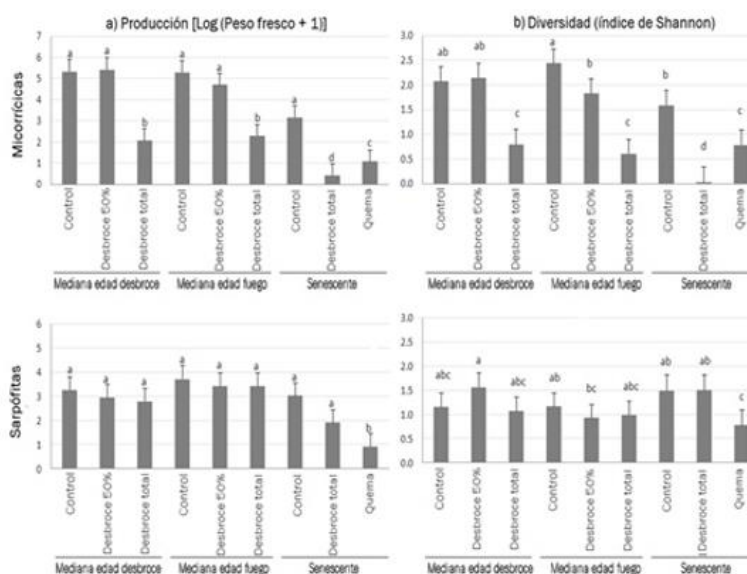


Fig. 5 - Producción (a) y diversidad (b) de especies fúngicas en función de sus características tróficas (micorrizicas y saprófitas), para cada uno de los tratamientos. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferente

Fuente: Hernández-Rodríguez *et al.* (2015)

El desbroce al 50 % fue el tratamiento con menor impacto en la comunidad fúngica (producción y diversidad), asociándose con una producción significativa de hongos comestibles. Este tratamiento reduce la cantidad de combustible, disminuyendo así la intensidad del fuego forestal y facilitando su extinción. Además, permite la accesibilidad y la recolección de hongos al disminuir la densidad de los matorrales.

Sin embargo, su elevado coste de implementación dificulta enormemente su aplicación práctica.

El tratamiento que produjo el mayor beneficio fue el desbroce total al final del ciclo de vida de los jarales (19 años) (Tabla 1). Esta gestión aseguraría que todas las etapas del arbusto estén presentes en la zona. Por lo tanto, la solución óptima desde el punto de vista económico también sería adecuada desde un punto de vista ecológico.

Tabla 1. - Resultados del análisis de rotación óptima de las cinco prescripciones consideradas. VES: Valor Esperado del Suelo

Año	Escenario tradicional	Desbroce total	Quema controlada	Desbroce total + Desbroce parcial	Quema controlada + Desbroce parcial
Año	6	19	21	25	25
VES (€/ha)	182.8	1403.6	1200.3	801.1	659.0

Fuente: Hernández-Rodríguez *et al.* (2017)

Este análisis económico avala que la recolección de *B. edulis* puede aumentar considerablemente los beneficios económicos en estos ecosistemas. Además, la integración de los recursos fúngicos en los planes de manejo forestal aseguraría su conservación en el tiempo y detendría el agotamiento, según plantea Aldea *et al.* (2012).

La simulación de todos los modelos ajustados en el estudio, para predecir la producción y la diversidad de hongos tanto micorrícicos como saprófitos, en función de la edad y las características de la masa y considerando las condiciones climáticas medias encontradas en el periodo de estudio, aparecen en las figuras #6 y #8. Además, se ajustó un modelo específico para la especie *B. edulis*, cuya simulación puede verse en la figura #7.

La producción de especies micorrícicas mostró un rápido aumento tras el desbroce o el fuego, alcanzando un máximo de ocho años tras el tratamiento. A partir de este momento, la producción de micorrícicas desciende alcanzando valores próximos a cero, a partir de los 20 años de edad (Figura 6). Por otro lado, la producción de especies saprófitas es menor que en el caso de especies micorrícicas, siendo decreciente a lo largo de todo el ciclo de desarrollo de la jara. Los tratamientos aumentaron la cantidad de materia orgánica disponible, por lo que este tipo de especies puede fructificar rápidamente tras el tratamiento.

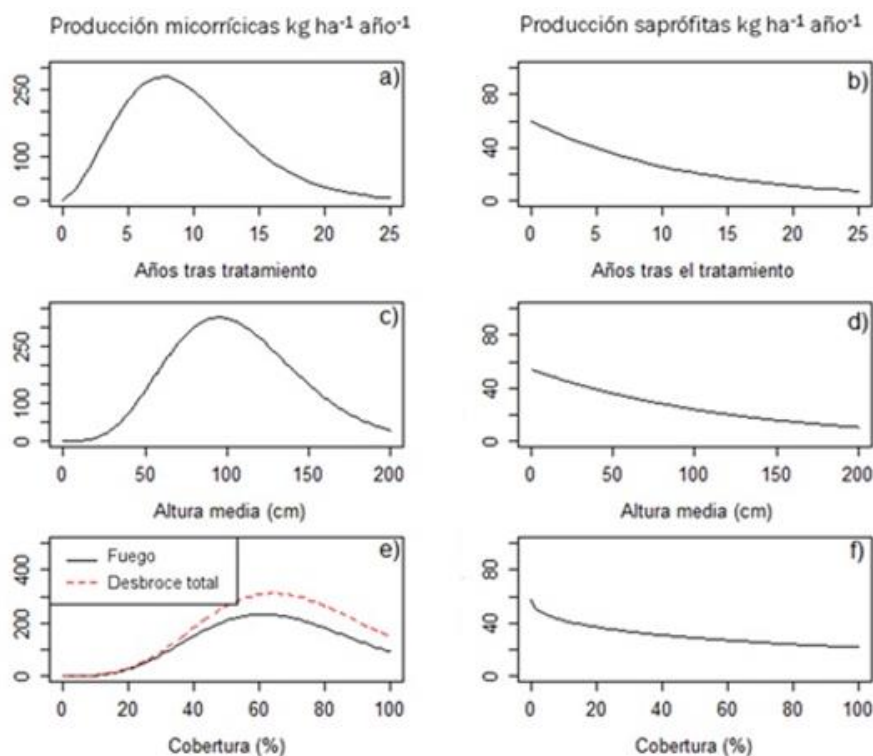


Fig. 6 - Producción de especies micorrícicas (izda) y saprófitas (dcha) teniendo en cuenta los años tras el tratamiento (a y b), las características de la vegetación (c y d) y el efecto de los dos tratamientos estudiados (e y f)

Fuente: Hernández-Rodríguez *et al.* (2015)

La misma tendencia que para las especies micorrícicas fue encontrada para la producción de *B. edulis*, aunque el máximo en este caso se retrasó hasta los 14 años (Figura 7). *B. edulis* normalmente se asocia con masas forestales maduras (Martín-Pinto *et al.*, 2006), aunque al asociarse con jarales puede fructificar mucho antes (Oria-de-Rueda *et al.*, 2008).

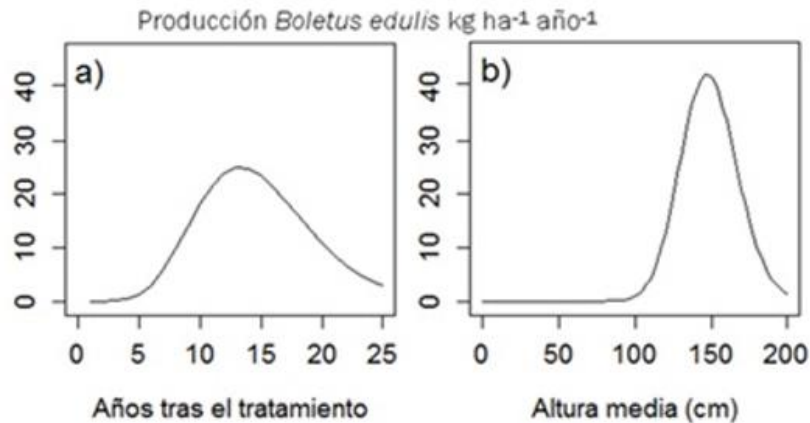


Fig. 7 - Producción de *Boletus edulis* en función de los años tras el tratamiento (izquierda) y la altura media de la jara (derecha).

Fuente: Hernández-Rodríguez *et al.* (2015)

De manera similar a lo que ocurre con la producción de especies micorrícicas, la diversidad de estas especies presenta un claro aumento durante los primeros años de la sucesión de *C. ladanifer*, con un descenso en las jaras senescentes. Sin embargo, la diversidad máxima ocurre varios años tras el pico de producción.

Considerando el desbroce total o la quema controlada como las dos opciones de manejo económicamente viables, los resultados de la modelización sugieren una tendencia opuesta en la diversidad de hongos en comparación con su producción. El índice de diversidad de Shannon, tanto para especies micorrizas como saprófitas, fue mayor después de la quema que después del desbroce, mientras que la producción de setas fue mayor después del desbroce total. Por lo tanto, si el objetivo de manejo es económico (aumentar la producción de hongos), los desbroces totales pueden ser una mejor alternativa de tratamiento. Por el contrario, si el objetivo está orientado a favorecer una mayor diversidad, la quema puede ser mejor que el desbroce.

Tras este trabajo de revisión, y a partir de los datos analizados, se concluye que el adecuado manejo de estos ecosistemas especialmente pirófitos y frecuentemente afectados por incendios forestales podría dar lugar a la obtención de importantes beneficios económicos derivados del aprovechamiento micológico. Por otra parte, estos ecosistemas generalmente instalados en suelos pobres y escasamente productivos se ven frecuentemente vinculados a zonas rurales empobrecidas. Por todo ello, se considera que el recurso micológico derivado de una adecuada gestión podría conllevar un importante complemento de rentas a las poblaciones rurales de estas zonas especialmente desfavorecidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁGUEDA, B., PARLADÉ, J., FERNÁNDEZ-TOIRÁN, L.M., CISNEROS, Ó., DE MIGUEL, A.M., MODREGO, M.P., MARTÍNEZ-PEÑA, F. y PERA, J., 2008. Mycorrhizal synthesis between *Boletus edulis* species complex and rockroses (*Cistus* sp.). *Mycorrhiza*, vol. 18, no. 8, pp. 443-449. ISSN 0940-6360. DOI 10.1007/s00572-008-0192-3.
- ALDEA, J., MARTÍNEZ-PEÑA, F. y DIAZ-BALTEIRO, L., 2012. Integration of fungal production in forest management using a multi-criteria method. *European Journal of Forest Research* [en línea], vol. 131, no. 6, pp. 1991-2003. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 1612-4677. DOI 10.1007/s10342-012-0649-y. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10342-012-0649-y>.
- BASTIDA, F. y TALAVERA, S., 2002. Temporal and spatial patterns of seed dispersal in two *Cistus* species (Cistaceae). *Annals of Botany*, vol. 89, no. 4, pp. 427-434. ISSN 0305-7364.
- CLARK, A.L. y ST. CLAIR, S.B., 2011. Mycorrhizas and secondary succession in aspenconifer forests: Light limitation differentially affects a dominant early and late successional species. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 262, no. 2, pp. 203-207. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2011.03.024. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112711001678>.
- DAHLBERG, A., 2002. Effects of Fire on Ectomycorrhizal Fungi in Fennoscandian Boreal Forests. *Silva Fenn* [en línea], [Consulta: 4 abril 2019]. DOI 10.14214/sf.551. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-Fire-on-Ectomycorrhizal-Fungi-in-Boreal-Dahlberg/1fd0f451a6d436aaff757c23b44101adab6cf438>.
- DAHLBERG, A. (Sveriges L., 1991. *Ectomycorrhiza in coniferous forest - structure and dynamics of populations and communities* [en línea]. Doctoral Thesis. S.l.: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Mycology and Pathology. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=SE9200028>.
- GUZMÁN, B. y VARGAS, P., 2009. Long-distance colonization of the Western Mediterranean by *Cistus ladanifer* (Cistaceae) despite the absence of special dispersal mechanisms. *Journal of Biogeography* [en línea], vol. 36, no. 5, pp. 954-968. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 1365-2699. DOI 10.1111/j.1365-2699.2008.02040.x. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2699.2008.02040.x>.
- HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M., DE-MIGUEL, S., PUKKALA, T., ORIA-DE-RUEDA, J.A. y MARTÍN-PINTO, P., 2015. Climate-sensitive models for mushroom yields and diversity in *Cistus ladanifer* scrublands. *Agricultural and Forest Meteorology* [en línea], vol. 213, pp. 173-182. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 0168-1923. DOI 10.1016/j.agrformet.2015.07.001. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192315002087>.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M., MARTÍN-PINTO, P., ORIA-DE-RUEDA, J.A. y DIAZ-BALTEIRO, L., 2017. Optimal management of *Cistus ladanifer* shrublands for biomass and *Boletus edulis* mushroom production. *Agroforestry Systems* [en línea], vol. 91, no. 4, pp. 663-676. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 1572-9680. DOI 10.1007/s10457-016-9994-z. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9994-z>.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M., ORIA-DE-RUEDA, J.A. y MARTÍN-PINTO, P., 2013. Post-fire fungal succession in a Mediterranean ecosystem dominated by *Cistus ladanifer* L. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 289, pp. 48-57. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2012.10.009. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112712006068>.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M., ORIA-DE-RUEDA, J.A., PANDO, V. y MARTÍN-PINTO, P., 2015. Impact of fuel reduction treatments on fungal sporocarp production and diversity associated with *Cistus ladanifer* L. ecosystems. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 353, pp. 10-20. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2015.05.007. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715002765>.

MARTÍN-PINTO, P., VAQUERIZO, H., PEÑALVER, F., OLAIZOLA, J. y ORIA-DE-RUEDA, J.A., 2006. Early effects of a wildfire on the diversity and production of fungal communities in Mediterranean vegetation types dominated by *Cistus ladanifer* and *Pinus pinaster* in Spain. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 225, no. 1, pp. 296-305. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2006.01.006. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706000144>.

ORIA-DE-RUEDA, J.A., MARTÍN-PINTO, P. y OLAIZOLA, J., 2008. Bolete Productivity of Cistaceous Scrublands in Northwestern Spain. *Economic Botany* [en línea], vol. 62, no. 3, pp. 323-330. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 0013-0001. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/40390471>.JSTOR.

SHANNON, C.E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal* [en línea], vol. 27, no. 3, pp. 379-423. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 1538-7305. DOI 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.

VOCES, R., DIAZ-BALTEIRO, L. y ALFRANCA, Ó., 2012. Demand for wild edible mushrooms. The case of *Lactarius deliciosus* in Barcelona (Spain). *Journal of Forest Economics* [en línea], vol. 18, no. 1, pp. 47-60. [Consulta: 4 abril 2019]. ISSN 1104-6899. DOI 10.1016/j.jfe.2011.06.003. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S110468991100047X>.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2019 Pablo Martín-Pinto