



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-209

---

---

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Manejo óptimo de matorrales de *Cistus ladanifer* para la producción de biomasa y setas de la especie *Boletus edulis*.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.<sup>1,2</sup>, ORIA-DE-RUEDA, J.A.,<sup>1,3</sup>, MARTÍN-PINTO, P.<sup>1,4</sup>, DÍAZ BALTEIRO, L.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Gestión Forestal Sostenible, UVa-INIA, Av. Madrid, s/n, 34004, 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 Producción Vegetal y Recursos Forestales, UVa, Av. Madrid, s/n, 34071, Palencia, España

<sup>5</sup> Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental, Universidad Politécnica de Madrid, España

### Resumen

El manejo de matorrales tradicionalmente no se ha tenido en cuenta en la planificación forestal. Sin embargo, estos ecosistemas pueden proporcionar beneficios económicos gracias al aprovechamiento tanto de su biomasa como de la producción de hongos comestibles. Este es el caso de *Cistus ladanifer*, que es capaz de producir grandes cantidades de *Boletus edulis*. El principal objetivo de este estudio es estimar el ciclo óptimo que debería ser adoptado para el manejo de matorrales mediterráneos dominados por *C. ladanifer* considerando dos outputs: la biomasa y la producción de *B. edulis*, y eligiendo la alternativa que produzca mayores ganancias monetarias. Se han desarrollado dos escenarios diferentes: uno estático en el cual se ha calculado la rotación óptima considerando cinco alternativas de manejo; y un análisis dinámico en el que se pueden practicar diferentes operaciones de manejo durante los siguientes 25 años. Ambos escenarios consideran como outputs tanto la biomasa como el aprovechamiento de setas. Los resultados indican que la gestión más apropiada consiste en un desbroce total próximo al final del horizonte considerado. Estos resultados pueden ser utilizados en la gestión de estos sistemas forestales, donde el aprovechamiento de *B. edulis* puede proporcionar beneficios importantes.

### Palabras clave

Jarales, hongos, biomasa, rotación óptima, programación dinámica.

### 1. Introducción

*Cistus ladanifer* L. es una especie de matorral ampliamente distribuida por la parte occidental de la región Mediterránea (GUZMÁN y VARGAS, 2009). En España esta especie tiene un área de distribución de 3 millones de hectáreas, estando presente en el 15% del área forestal del país (Martín MORGADO et al., 2005). Sin embargo, tradicionalmente estos matorrales proporcionaban muy pocos beneficios económicos, derivados de la caza y el uso de leñas, por lo que no han sido tenidos en cuenta en el manejo forestal. Estudios previos han demostrado unos beneficios potenciales elevados gracias a la producción de hongos silvestres comestibles en estas zonas (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015b). Entre ellos destaca la especie *Boletus edulis* Bull., que alcanza elevados precios en el mercado (VOCES et al., 2012). Como estas masas aparecen en zonas caracterizadas por baja calidad del suelo y baja productividad forestal, se puede justificar mantener este tipo de vegetación en algunas zonas (ORIA-DE-RUEDA et al., 2008).

Pocos estudios previos han estudiado el uso de diferentes técnicas de manejo en matorrales de *C. ladanifer*. La mayor parte de ellos están encaminados a aumentar la diversidad florística asociada a estos ecosistemas (MENDES et al., 2015). En un estudio previo, pudimos determinar el impacto de distintos tratamientos sobre estos ecosistemas en la diversidad y producción fúngicas (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015b). Desde un punto de vista económico, los estudios sobre hongos comestibles son limitados, a pesar de las circunstancias favorables de este recurso, como el elevado

valor de los productos comercializados, la importancia económica de su consumo, o su potencial de aprovechamiento en países Mediterráneos (ALFRANCA et al., 2015; AZUL et al., 2014; ZOTTI et al., 2013). Ninguno de estos estudios ha determinado el régimen de manejo óptimo incluyendo la recogida de hongos en el análisis. Sin embargo, esta es una cuestión clave al evaluar la rentabilidad de estas zonas o cuantificar el coste de oportunidad de no seleccionar la mejor opción selvícola.

## 2. Objetivos

El principal objetivo de este estudio fue determinar el ciclo óptimo que debe ser adoptado en estos matorrales considerando dos outputs: biomasa de *C. ladanifer* y producción de *B. edulis*, eligiendo la alternativa que produzca mayores beneficios económicos. Los resultados pueden usarse para justificar la ejecución de prácticas de manejo en estos sistemas forestales.

## 3. Metodología

### 3.1. Parcelas de estudio

La zona de estudio está localizada en la provincia de Zamora, en el noroeste de la Península Ibérica, donde existen grandes masas monoespecíficas de matorrales, dominadas por *C. ladanifer*, a menudo caracterizados por una mala calidad del suelo. En el manejo tradicional de estas áreas y con el fin de disminuir su alto riesgo de incendio, solo se realizan algunos desbroces, lo que puede generar un pequeño ingreso por el uso de leña. En este estudio, esta gestión tradicional constituye nuestro escenario tradicional. En HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., (2015a) se ofrecen informaciones adicionales sobre estas parcelas.

### 3.2. Marco de estudio

Se ha establecido un horizonte de planificación de 25 años, coincidiendo con el final del ciclo de vida de *C. ladanifer* (ORIA-DE-RUEDA et al., 2008), y debido a que la producción de *B. edulis* es muy escasa a partir de los 20 años (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015a). El periodo mínimo entre dos tratamientos selvícolas consecutivos se fijó en siete años, basándonos en las indicaciones de ORIA-DE-RUEDA et al. (2011). Con los datos disponibles para este estudio, se han desarrollado dos escenarios diferentes. En primer lugar, un escenario estático en el que se calcula la rotación óptima considerando cinco prescripciones de manejo diferentes. El segundo escenario abarca un análisis dinámico en el que diferentes operaciones de manejo pueden ser practicadas a lo largo del horizonte de planificación. Los dos escenarios se compararon con la optimización del escenario tradicional definido anteriormente y consideran dos outputs (biomasa y setas). Las principales hipótesis de este estudio son las siguientes: no hay un coste derivado de la recolección de hongos; la única especie fúngica incluida en el análisis es *B. edulis*; finalmente, se ha considerado un ambiente determinista.

### 3.3. Datos de partida

Los tratamientos considerados en este trabajo fueron desbroce total, desbroce parcial al 50% y quema controlada. En el primer escenario estático, consideramos la posibilidad de realizar un desbroce parcial a 50% de manera manual en el año 12 de la plantación. Debido al alto coste de este método y al resultado de este primer análisis, se decidió no incluir este tratamiento en el segundo escenario de programación dinámica. Los costes de implementación del desbroce parcial se calcularon basadas en las tarifas actuales de Tragsa (GRUPO TRAGSA, 2015), entre 259.0 €/ha y 961.8€/ha en función de la cobertura de matorral. El coste de la quema controlada fue proporcionado por la Administración Forestal Regional (166.8€/ha).

En cuanto al desbroce total, se consideró un ingreso potencial a partir del uso de la biomasa de *C. ladanifer*. El proyecto Europeo Enerbioscrub<sup>1</sup> estudia el manejo sostenible de masas de matorrales para producción de energía. Según resultados previos de este proyecto, el coste de transportar biomasa de *C. ladanifer* empacado (pacas de 300 kg.) al 15% de humedad en un entorno de 50km es de aproximadamente 60.0€/t, mientras el ingreso de su aprovechamiento es de unos 66.0€/t, (RODERO, P. comunicación personal). La biomasa de *C. ladanifer* se estimó mediante el modelo propuesto por RUIZ-PEINADO et al. (2013), a partir de los datos de altura media y cobertura de matorral tras el tratamiento estimados en HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al. (2015a). La producción de *B. edulis* también se estimó a partir del modelo empírico presentado en este último estudio en condiciones climáticas medias.

#### 2.4. Análisis de la rotación óptima

En este estudio calculamos la rotación óptima para el matorral de *C. ladanifer* considerando cinco prescripciones: quema controlada, desbroce total, desbroce total + desbroce parcial, quema controlada + desbroce parcial y no realizar ningún tratamiento y dos outputs: biomasa y recolección de hongos. Para calcular la producción óptima de los dos productos en términos monetarios, se calculó el valor actual neto (VAN) asociado a la biomasa y los hongos, considerando la hipótesis de Faustmann; De esta manera, se obtuvo el valor esperado del suelo (VES). Este enfoque es ampliamente utilizado en estudios forestales, principalmente cuando se considera la producción de madera (DÍAZ-BALTEIRO et al., 2014). Sin embargo, a veces se introducen variaciones en los casos de evaluación de otros productos forestales no madereros (KLAUBERG et al., 2014; KLIMAS et al., 2012). La expresión matemática del VES se resume en la siguiente ecuación:

$$VES = \text{MaxVAN}(t) = \frac{(P_B - C_B) \cdot QB \cdot e^{-it} + (P_M - C_M) \cdot QM \cdot e^{-it}}{1 - e^{-it}} \quad (1)$$

Donde  $P_B$  es el precio de la biomasa,  $C_B$  es el coste de la biomasa,  $QB$  es la cantidad de biomasa (t),  $P_M$  es el precio de los hongos (€),  $C_M$  es el coste de los hongos (€) e  $i$  es la tasa de descuento (en nuestro caso se ha tomado una tasa real del 4%).

#### 3.5. Escenario dinámico

La solución mostrada anteriormente tiene sentido en un estudio ex-ante, o cuando se pretende comparar la rentabilidad de posibles usos del suelo en estas comarcas. Sin embargo, se ha considerado conveniente introducir un escenario limitado a un horizonte temporal apropiado para estos sistemas forestales. Así, en nuestro caso de estudio se pretende maximizar los ingresos obtenidos en un horizonte de planificación de 25 años, explorando qué combinaciones entre las prácticas selvícolas anteriormente expuestas pueden proporcionar la solución óptima a lo largo de este periodo.

La idea básica detrás de esta optimización es que cada año surge una opción, independientemente de la edad de la parcela: implementar una práctica silvícola o esperar otro año. Si la decisión es ejecutar un tratamiento selvícola, se debe elegir entre desbroce y la quema controlada. Siguiendo la terminología de la programación dinámica, las características de cada parcela (edad, intervenciones previas, etc.) a cierta edad constituyen un estado. El máximo número de intervenciones consideradas para este caso de estudio fija el número de etapas del problema. La toma de decisiones implica moverse de un estado y etapa hasta otro estado diferente en la siguiente etapa.

<sup>1</sup><http://enerbioscrub.ciemat.es/>

Según HILLIER y LIBIERMANN (1991), los problemas de programación dinámica pueden resolverse comenzando con la penúltima etapa y buscando la mejor decisión, es decir, una que conduzca al mejor valor de la función objetivo en la última etapa. A continuación, a través de un procedimiento iterativo, se repite el proceso de atrás hacia delante, hasta llegar al estado inicial, obteniéndose así la solución óptima al problema. Así, para la etapa  $z$ , el valor actual neto óptimo ( $VAN^*$ ) será:

$$VAN^* = \max \sum_{\forall z} VAN_z \quad (2)$$

Donde  $VAN^*$  es el valor presente neto, correspondiente a cada etapa  $z$ , considerando rendimientos y costos de biomasa y hongos. Cuando la ecuación (2) se aplica apropiadamente hacia atrás hasta la fase inicial, se obtiene el valor actual neto óptimo. La Tabla 1 muestra un esquema de los 630 estados posibles para este estudio.

Tabla 1. Esquema de todos los posibles estados considerados en el escenario dinámico. 1: sin prácticas selvícolas, 2: desbroce total, 3: quema controlada.

Año	Estados												
	1	2	3	4	5	6	7	8	...	627	628	629	630
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7		2	2	2	2	2	2	2	...				
8									...				
9									...				
10									...				
11									...				
12									...				
13									...				
14			2	2	2	2	2	2	...				
15									...				
16									...				
17									...				
18									...				
19									...				
20									...				
21				2	3				...				
22						2	3		...				
23								2	...				
24									...	2	3		
25	1								...			2	3

#### 4. Resultados

En la Tabla 2 se adjuntan los resultados del análisis del turno óptimo anteriormente expuesto. En relación al escenario tradicional, dicho desbroce debería ser realizado cada 6 años y los ingresos ascienden a 182,8€. Esta alternativa no conlleva posibles ingresos asociados a la recolección de hongos. Si ya se recoge la recolección, se aprecia a partir de la tercera columna en la Tabla 2 cómo el NPV se eleva notablemente y el turno se sitúa entre 19 años (cuando se produce un desbroce) y los 21 (cuando se realiza una quema controlada). Cuando existe una combinación entre desbroce parcial y desbroce total o desbroce parcial y quema, el turno se eleva hasta los 25 años.

Tabla 2. Resultados del análisis de rotación óptima de las cinco prescripciones consideradas.

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

Se ha realizado un análisis de sensibilidad asociado a los principales parámetros que intervienen en las ecuaciones (1) y (2). Comenzando por el estudio estático, se aprecia que las variaciones en cuanto al turno óptimo son muy reducidas y nunca superan los 2 años en relación al caso inicial. También se observa cómo cualquier alternativa es mucho más rentable que el escenario tradicional. Es decir, la incorporación de la producción de hongos proporciona resultados mucho mayores que los habitualmente logrados en este tipo de masas (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de sensibilidad del análisis de rotación óptima para variaciones en la tasa de descuento, precio de Boletus, precio de biomasa y costes de quema total. \*VAN menor que cero.

Análisis de sensibilidad	Escenario tradicional	Desbroce total	Quema controlada	Desbroce total + Desbroce parcial	Quema controlada + Desbroce parcial
Caso inicial	6 años/ 182,8€/ha	19 años/ 1430.6€/ha	21 años/ 1200.2€/ha	25 años/ 801.1€/ha	25 años/ 659.0€/ha
i=2%	6 años/ 388.9€/ha	19 años/ 3083.7€/ha	20 años/ 2568.0€/ha	25 años/ 1862.4€/ha	25 años/ 1485.9€/ha
i=6%	6 años/ 114.4€/ha	19 años/ 846.1€/ha	21 años/ 742.8€/ha	25 años/ 455.7€/ha	25 años/ 385.6€/ha
Precio Boletus =3€/kg	6 años/ 182,8€/ha	19 años/ 869.3€/ha	21 años/ 669.5€/ha	25 años/ 255.5€/ha	25 años/ 113.4€/ha
Precio Boletus =7€/kg	6 años/ 182,8€/ha	19 años/ 1937.8€/ha	20 años/ 1733.6€/ha	25 años/ 1346.7€/ha	25 años/ 1204.6€/ha
Precio Biomasa=82€/t	6 años/ 670.3€/ha	18 años/ 1592.8€/ha	21 años/ 1200.2€/ha	24 años/ 924.6€/ha	25 años/ 658.9€/ha
Precio Biomasa =50€/t	6 años/ *€/ha	20 años/ 1230.2€/ha	21 años/ 1200.2€/ha	25 años/ 680.9€/ha	25 años/ 658.9€/ha
Coste quema controlada=0€/ha	6 años/ 182,8€/ha	19 años/ 1430.6€/ha	19 años/ 1335.6€/ha	25 años/ 801.1€/ha	25 años/ 756.0€/ha

En la Tabla 4 se adjuntan los resultados del análisis dinámico, computando el VES máximo para los distintos estados cuya primera intervención se realiza en el año que se muestra en la primera columna de la citada Tabla. El VES máximo (815,4€/ha) se produce cuando la primera (y única) intervención es un desbroce a los 24 años (estado 627 en Tabla 1). Además, esta solución óptima es claramente superior al escenario tradicional (ver Tabla 2) y también a la alternativa de no realizar ninguna intervención selvícola para reducir la biomasa (785,7/ha).

Tabla 4. Resultados de la programación dinámica. Las filas VES muestra el VES máximo para los diferentes estados cuyo primer tratamiento se realiza en el año indicado en la fila superior. \*: sin intervención selvícola.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
VES*	-	-	-	-	-	-	625	614	625	619	632	650	668
Año	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	*
VES*	687	705	723	741	758	755	773	788	800	809	815	814	786

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en este análisis de sensibilidad, comparándolos con la alternativa de no implementar ningún tratamiento selvícola (sin tratamiento).

Tabla 5. Análisis de sensibilidad de las programación dinámica para variaciones en la tasa de descuento, precio de *Boletus* y biomasa, costes de quema total y variaciones en la producción de *Boletus*.

Análisis de sensibilidad	tratamiento	Solución óptima	VAN	VAN sin tratamiento
Caso inicial	desbroce	24 años	815.4	785.7
i=2%	desbroce	24 años	1084.7	1036.7
i=6%	desbroce	24 años	617.8	599.4
Precio <i>Boletus</i> =3€/kg	desbroce	24 años	501.1	471.4
Precio <i>Boletus</i> =7€/kg	desbroce	24 años	1129.7	1100.0
Precio biomasa =82€/t	2 desbroces	18 y 25 años	914.2	785.7
Precio biomasa =50€/t	desbroce	25 años	738.1	785.7
Coste quema controlada=0€/ha	desbroce	24 años	815.4	785.7
Coste quema controlada =0€/ha y coste biomasa=50€/t	Quema controlada	25 años	785.7	785.7
Bajada producción <i>Boletus</i> 50%	desbroce	24 años	422.5	392.9
Bajada producción <i>Boletus</i> 25%	desbroce	24 años	619.0	589.3

## 5. Discusión

Debido a la creencia tradicional de que las masas de *C. ladanifer* no proporcionan beneficios económicos, los pocos estudios que existen sobre estos ecosistemas están dirigidos a favorecer el establecimiento de masas arbóreas (MENDES et al., 2015). Sin embargo, este trabajo demuestra que el mantenimiento de esta especie mediante un manejo adecuado, especialmente en aquellas zonas donde las características del suelo hacen que la productividad arbórea sea muy baja, puede proporcionar beneficios económicos derivados del aprovechamiento de hongos y biomasa.

Cuando se incluye la recolección de *B. edulis*, la ganancia puede ser incluso siete veces mayor que en el escenario tradicional, cuando no se consideran los ingresos de hongos, a pesar de tener una rotación óptima más larga (Tabla 2). Estudios previos han demostrado que la recolección de hongos en la gestión puede aumentar los beneficios, proporcionando un valor aún mayor que la madera (PALAHÍ et al., 2009). Además, la integración de los recursos fúngicos en los planes de manejo forestal aseguraría su conservación sostenible (ALDEA et al., 2012).

Los resultados de los dos análisis realizados en este estudio fueron muy consistentes, mostrando que la opción de manejo más adecuada era realizar un desbroce total cerca del final del horizonte de planificación elegido. La diferencia entre ellos (mayor VES y rotación más corta en el análisis estático) se centra en que el análisis estático considera un número infinito de rotaciones, mientras que el estudio dinámico sólo contemplaba el horizonte de planificación de 25 años. El momento óptimo para realizar el desbroce total a los 19-24 años se determina principalmente por la curva de producción de *B. edulis*, que alcanza un máximo de 13 años, disminuyendo hacia el final del horizonte de planificación (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015a). Por otra parte, el desarrollo de *C. ladanifer* es rápido a edades tempranas y la biomasa permanece prácticamente inalterada desde los 10-11 años hasta el final del horizonte de planificación, por lo que los beneficios asociados permanecen constantes después de esta edad.



Todos los casos considerados en el análisis de sensibilidad de la rotación óptima mostraron que el tratamiento silvícola que produjo el VES más alto fue el desbroce total. Esto puede indicar que la elección del tratamiento económicamente óptimo se determina principalmente por el uso de biomasa. La producción de *B. edulis* a lo largo del tiempo no presenta diferencias significativas dependiendo de si el tratamiento es la limpieza total o la quema controlada (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015a). Estudios previos mostraron que el desbroce parcial fue el tratamiento con menor impacto en la producción y diversidad de hongos, asociándose con una producción significativa de setas comestibles (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015b). Sin embargo, al estudiar la rentabilidad de las alternativas de manejo que incluyen el desbroce parcial, los beneficios son mucho más bajos que las alternativas, incluyendo sólo desbroces totales o quemas, lo que se debe a los altos costos de su aplicación.

## 6. Conclusiones

En este trabajo hemos determinado las directrices óptimas para el manejo de matorrales mediterráneos dominados por *C. ladanifer* incluyendo dos outputs distintos. Se ha demostrado que con una gestión adecuada, consistente en desbroces totales, los propietarios podrían obtener un beneficio económico de la biomasa y la cosecha de hongos. De acuerdo con los resultados de este trabajo, la práctica de gestión que proporciona el mayor beneficio económico es realizar sólo un desbroce total en el horizonte de planificación. Cuando se consideran sólo los 25 años del horizonte de planificación, la edad ideal para realizar este tratamiento es de 24 años. En el caso de considerar los desbroces indefinidamente a la misma edad, el momento más apropiado es de 19 años. Para más información consultar HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al. (2016)

## 7. Agradecimientos

Proyectos AGL2012-40035-C03-02, AGL2015-68657-R, (Ministerio de Economía y Competitividad de España) y 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). Pablo Rodero y proyecto Enerbioscrub (datos en relación con la recolección de biomasa).

## 8. Bibliografía

ALDEA, J.; MARTÍNEZ-PEÑA, F.; DIAZ-BALTEIRO, L.; 2012. Integration of fungal production in forest management using a multi-criteria method. *Eur. J. For. Res.* 131 1991–2003.

ALFRANCA, O.; VOCES, R.; DIAZ-BALTEIRO, L.; 2015. Influence of climate and economic variables on the aggregated supply of a wild edible fungi (*Lactarius deliciosus*). *Forests* 6 2324–2344.

AZUL, A.M.; NUNES, J.; FERREIRA, I.; COELHO, A.S.; VERÍSSIMO, P.; TROVÃO, J.; CAMPOS, A.; CASTRO, P.; FREITAS, H.; 2014. Valuing native ectomycorrhizal fungi as a Mediterranean forestry component for sustainable and innovative solutions. *Botany* 92 161–171.

DIAZ-BALTEIRO, L.; ROMERO, C.; RODRÍGUEZ, L.; RIBEIRO NOBRE, S.; BORGES, J.; 2014. Economics and Management of Industrial Forest Plantations. En: BORCHERS, J.G., DIAZ-BALTEIRO, L., MCDILL, M., RODRIGUEZ, L.C.E. (Eds.). *The Management of Industrial Forest Plantations*. Springer, Dordrecht, pp. 121–170.

GRUPO TRAGSA; 2015. Trabajos Forestales y Medioambientales: Rozas de matorral, En: Tarifas 2015 Para Encomiendas Sujetas a Impuestos. Grupo Tragsa, Madrid, pp. 641–650.

GUZMÁN, B.; VARGAS, P.; 2009. Long-distance colonization of the Western Mediterranean by *Cistus*



*ladanifer* (Cistaceae) despite the absence of special dispersal mechanisms. *J. Biogeogr.* 36, 954–968.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; DE-MIGUEL, S.; PUKKALA, T.; ORIA-DE-RUEDA, J.A.; MARTÍN-PINTO, P.; 2015a. Climate-sensitive models for mushroom yields and diversity in *Cistus ladanifer* scrublands. *Agric. For. Meteorol.* 213 173–182.

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

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; MARTÍN-PINTO, P.; ORIA-DE-RUEDA, J.A.; DÍAZ BALTEIRO, L.; 2016. Optimal management of *Cistus ladanifer* shrublands for biomass and *Boletus edulis* mushroom production. *Agrofor. Syst.* (aceptado, doi: 10.1007/S10457-016-9994-Z)

KLAUBERG, C.; VIDAL, E.; RODRIGUEZ, L.C.E.; DIAZ-BALTEIRO, L.; 2014. Determining the optimal harvest cycle for copaiba (*Copaifera* spp.) oleoresin production. *Agric. Syst.* 131 116–122.

KLIMAS, C.A.; KAINER, K. A.; DE OLIVEIRA WADT, L.H.; 2012. The economic value of sustainable seed and timber harvests of multi-use species: An example using *Carapa guianensis*. *For. Ecol. Manage.* 268 81–91.

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: Actas 4º Congreso Forestal Español. Zaragoza, España, p. 257.

MENDES, P.; MEIRELES, C.; VILA-VIÇOSA, C.; MUSARELLA, C.; PINTO-GOMES, C.; 2015. Best management practices to face degraded territories occupied by *Cistus ladanifer* shrublands – Portugal case study. *Plant Biosyst. - An Int. J. Deal. with all Asp. Plant Biol.* 149, 494–502.

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

ORIA-DE-RUEDA, J.A.; OLAIZOLA, J.; DE LA PARRA, B.; 2011. Gestión selvícola y cultural de los principales hábitats micológicos de Castilla y León. En: MARTÍNEZ-PEÑA, F., ORIA-DE-RUEDA, J.A., ÁGREGA, T. (Eds.), Manual Para La Gestión Del Recurso Micológico Forestal En Castilla Y León. SOMACYL-Junta de Castilla y León, Soria, pp. 160–191.

PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; BONET, J.A.; COLINAS, C.; FISHER, C.R.; MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.R.; 2009. Effect of the inclusion of mushroom values on the optimal management of even-aged stands of Catalonia. *For. Sci.* 55 503–511.

RUIZ-PEINADO, R.; MORENO, G.; JUAREZ, E.; MONTERO, G.; ROIG, S.; 2013. The contribution of two common shrub species to aboveground and belowground carbon stock in Iberian dehesas. *J. Arid Environ.* 91 22–30.

VOCES, R.; DIAZ-BALTEIRO, L.; ALFRANCA, O.; 2012. Demand for wild edible mushrooms. The case of *Lactarius deliciosus* in Barcelona (Spain). *J. For. Econ.* 18 47–60.

ZOTTI, M.; PERSIANI, A.M.; AMBROSIO, E.; VIZZINI, A.; VENTURELLA, G.; DONNINI, D.; ANGELINI, P.; DI PIAZZA, S.; PAVARINO, M.; LUNGHINI, D.; VENANZONI, R.; POLEMIS, E.; GRANITO, V.M.; MAGGI, O.; GARGANO, M.L.; ZERVAKIS, G.I.; 2013. Macrofungi as ecosystem resources: Conservation versus exploitation. *Plant Biosyst.* 147 219–225.