



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-239

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Simulación de la productividad de setas bajo distintos escenarios selvícolas y climáticos en la plataforma SIMANFOR.

DE LA PARRA PERAL, B.^{1,2}, ORIA DE RUEDA, J.A.^{2,3}, ORDÓÑEZ, A.C.^{2,4}, BRAVO, F.^{2,4}, OLAIZOLA, J.¹ y HERRERO DE AZA, C.^{1,2}

¹ ECM Ingeniería Ambiental, S.L. C/Curtidores 17. C.P. 34003. Palencia.

² Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible, Universidad de Valladolid-INIA. Avda. Madrid 44, 34071, Palencia, España.

³ Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia, Universidad de Valladolid. Avda. Madrid 44, 34071, Palencia, España.

⁴ Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Avda. Madrid 44, 34071, Palencia, España.

Resumen

Las intervenciones selvícolas que se planifican en la gestión forestal influyen en el crecimiento y desarrollo de los distintos componentes del ecosistema. También modifican las condiciones de los hongos, que viven en simbiosis con las especies forestales.

Los avances en las nuevas tecnologías están permitiendo crear diferentes herramientas y/o aplicaciones web que simulan escenarios selvícolas que facilitan la toma de decisiones en la gestión forestal integral. El objetivo de este trabajo es simular la productividad de *Lactarius grupo deliciosus* y *Boletus edulis* en una masa de *Pinus sylvestris* bajo distintos escenarios selvícolas y climáticos. La simulación se ha llevado a cabo en la plataforma SIMANFOR (Sistema para la Simulación de Alternativas de Manejo Forestal Sostenible).

Los resultados obtenidos determinan que las claras incrementan la productividad de *Lactarius grupo deliciosus* y *Boletus edulis*. En el caso de los níscalos, la productividad de los mismos aumenta conforme incrementa la intensidad de clara. Sin embargo, en el caso de los boletos las claras deben ser más moderadas, pues la producción de esta especie necesita un periodo de recuperación después de la intervención, que es mayor cuanto más alta es la intensidad. Por tanto, para *Boletus edulis*, los resultados de este trabajo muestran que las claras que mejoran la productividad en términos globales son las moderadas (25% en Área basimétrica).

Palabras clave

Hongos, níscalos, *Boletus*, pino silvestre, escenarios cambiantes

1. Introducción

Los hongos silvestres comestibles, que abundan notablemente en todos los tipos de montes en España, constituyen una gran riqueza ecológica y económica. Además, los hongos constituyen un pilar fundamental por su función social. Sin embargo, existen multitud de especies apreciadas y frecuentes para las que cabe plantear un aprovechamiento ordenado, ya que son muy abundantes, alcanzan un precio muy elevado y su recolección controlada no afecta al futuro del recurso (EGLI et al., 2006; ORIA de RUEDA et al., 2007).

La silvicultura fúngica debe orientarse de forma integral hacia la conservación y producción sostenida tanto de madera como de los recursos naturales (caza, regulación de caudales, conservación de suelos, usos sociales y recreativos, etc.) y muy especialmente de los hongos comestibles en las comarcas más productivas, tanto por sus valores de uso directo como indirecto.

Cada especie de hongo, posee unos requerimientos característicos respecto del tipo de bosque, cubierta arbolada, edad del arbolado, tipo de suelo, etc., que en cada caso podrán ser mejoradas por la gestión aplicada para lograr mantener o, incluso aumentar, la producción. Para poder lograr este objetivo, el primer paso es el conocimiento tanto de la diversidad fúngica como de las producciones de las principales especies micológicas. Para determinar la productividad micológica, la metodología utilizada consiste, a grandes rasgos, en recolectar las setas en una superficie concreta, pesar la producción y referirla a la superficie de monte (kg ha^{-1}). Además de tener datos de productividad, se necesitan herramientas predictivas para simular y predecir cuál va a ser la evolución de un recurso forestal en el tiempo. Así, se pueden anticipar los efectos que sobre el desarrollo de la masa tiene la aplicación de diferentes tratamientos o alternativas de gestión y optimizar el tratamiento de la masa para obtener determinados objetivos fijados por la persona que la gestiona. Por otra parte, uno de los principales retos consiste en comprender la respuesta de los ecosistemas al cambio climático. En este contexto, resulta fundamental proyectar los impactos de éste sobre los bosques, para poder explorar, diseñar y aplicar estrategias de mitigación y/o adaptación.

La plataforma SIMANFOR (www.simanfor.es; BRAVO et al., 2012) es una herramienta para simular alternativas de gestión forestal sostenible, que integra diferentes módulos para gestionar inventarios forestales, simular y proyectar las características de los rodales y mantener la integridad de los ecosistemas. Plataformas como éstas son fundamentales para la generación de nuevas hipótesis y son absolutamente necesarias para evaluar la respuesta de un impacto de gestión o climático en la productividad de especies de hongos de alto valor económico.

2. Objetivos

En el contexto actual de cambio climático y social, el objetivo de este trabajo persigue determinar cómo influyen diferentes escenarios selvícolas en la producción de dos setas comestibles muy valoradas económicamente, *Lactarius grupo deliciosus* y *Boletus edulis*, en distintos escenarios climáticos, para valorizar las medidas de gestión óptimas que mejoren la rentabilidad de este recurso no maderable.

3. Metodología

En primer lugar, se realizó una recogida de información de los principales modelos de productividad de setas para poder ser implantados en la plataforma SIMANFOR. Para la elección del mismo, se consideró que el modelo pudiera asociarse a masas de *Pinus sylvestris*, debido a que la plataforma SIMANFOR tiene desarrollado el modelo IberoPs (Bravo, 2005) parametrizado para *Pinus sylvestris* (LIZARRALDE et al., 2010) para tal fin. En segundo lugar, se consideró que el modelo tuviera variables de masa para poder simular diferentes escenarios de gestión forestal. Por último, se consideraron aquellos modelos que también incluían como variables predictivas variables climáticas, con el fin de poder simular diferentes escenarios climáticos.

Una vez realizada la búsqueda bibliográfica, se decidió realizar la simulación con los modelos de MARTÍNEZ PEÑA et al. (2012) para la productividad de *Lactarius grupo deliciosus* y *Boletus edulis*. Una vez seleccionados, se crearon las rutinas necesarias en SIMANFOR, como la introducción del modelo de MARTÍNEZ PEÑA et al. (2012) y la modificación del output para poder obtener los resultados deseados en distintos escenarios de gestión y climáticos. Para la simulación se utilizó el modelo IberoPs de *Pinus sylvestris* (LIZARRALDE et al., 2010). Los escenarios de gestión forestal planteados consistieron en la realización de tres tipos de clara en la masa a la edad de 63 años (Figura 1). Las intensidades probadas fueron claras del 10% en área basimétrica (simulando una clara muy ligera), del 25% (una clara moderada) y del 35% en área basimétrica (simulando una clara fuerte). La elección de estas intensidades de clara es debido a que son los pesos utilizados en un ensayo de intensidad de claras en el Bosque modelo de Palencia (BRAVO et al., 2015). Con respecto a los escenarios climáticos, se consideraron precipitaciones y temperaturas que permiten distinguir entre diferentes rangos, para considerar condiciones más o menos adversas de las condiciones que definen un escenario normal en la comarca del Bosque Modelo de Palencia (temperatura real media de los meses de otoño y precipitación total real en los meses de otoño). Así, se consideraron los

siguientes escenarios: Escenario climático 1 (c1)=600 mm de precipitación total en los meses de otoño y 10°C de temperatura media de los meses de otoño; Escenario climático 2 (c2)=400 mm de precipitación total en los meses de otoño y 6°C de temperatura media de los meses de otoño; Escenario climático 3 (c3)=150 mm de precipitación total en los meses de otoño y 4°C de temperatura media de los meses de otoño.

SIMANFOR Sistema de Apoyo para la Simulación de Alternativas de Manejo Forestal Sostenible

Inventarios
Consultas
Modelos
Escenarios
(+)

Ejecutar escenario
Indique los datos requeridos en cada paso para ejecutar el escenario

1 Seleccione el inventario sobre el que desea ejecutar el escenario:
1 parcela_48Arboles
 Ver también los inventarios públicos

2 Seleccione un modelo contra el que se ejecutará el escenario:
IberoPt-ProductividadSetas
 Usar mi plantilla de resultados
(+) Seleccionar hojas de salida

3 Seleccione el nodo del que desea obtener resultados y haga clic en el botón *Obtener resultados*:

Inventario filtrado
Aplicar modelo 5 años
Aplicar modelo 5 años
Corta Clara por lo bajo por Área Basimétrica del 35 %
Aplicar modelo 5 años
Aplicar modelo 5 años
Aplicar modelo 5 años
Aplicar modelo 5 años

Agregar Eliminar Editar Previsualizar resultados Obtener resultados

Figura1. Escenario selvícola planteado con intensidad de clara del % en área basimétrica.

Una vez realizados los escenarios de cada una de las intensidades, se realizaron las comparativas correspondientes para saber en cada escenario climático, qué gestión es la más adecuada, y por otro lado, en cada gestión planteada, qué escenario presenta las mejores condiciones para obtener la mayor productividad de *Lactarius* grupo *deliciosus* y *Boletus edulis*.

4. Resultados

Los resultados obtenidos muestran que la productividad de *Lactarius* grupo *deliciosus* antes de realizar la clara (Tabla 1) es, en todos los escenarios selvícolas (G10, G25, G35), superior en el escenario climático 1, donde las condiciones de precipitación y temperatura son muy propicias para la emergencia de estas especies. Los valores obtenidos en el escenario climático 3, de condiciones muy xéricas, son prácticamente nulos. En el caso de la productividad de *Boletus edulis*, el comportamiento es similar, obteniéndose los valores más elevados en el escenario climático 1. Destaca la gran productividad simulada de *Boletus edulis* en este tipo de masas a estas edades.

Tabla 1. Productividad de *Lactarius* grupo *deliciosus* y *Boletus edulis* antes y después de realizar la clara por escenarios selvícolas y climáticos.

Es	Edad (años)	Características dasométricas iniciales					Productividad (kg ha ⁻¹)					
							Escenarios climáticos para <i>Lactarius</i> grupo <i>deliciosus</i>			Escenarios climáticos para <i>Boletus edulis</i>		
							Ec1	Ec2	Ec3	Ec1	Ec2	Ec3
		Hdom (m)	N (pies ha ⁻¹)	dg (cm)	G (m ² ha ⁻¹)	V (m ³ ha ⁻¹)	600_10	400_6	150_4	600_10	400_6	150_4
G10	53	14,85	1793	16,56	38,6	246,64	37,26	4,92	0,54	95,46	14,05	1,89
G10	58	15,84	1757	17,63	42,88	295,93	35,98	4,75	0,52	96,71	14,24	1,91
G10	63	17,04	1664	17,94	42,08	326,45	38,29	5,06	0,55	96,88	14,26	1,91
G25	53	14,85	1793	16,56	38,6	246,64	37,26	4,92	0,54	95,46	14,05	1,89
G25	58	15,84	1757	17,63	42,88	295,93	35,98	4,75	0,52	96,71	14,24	1,91
G25	63	17,4	847	22,95	35,07	284,64	44,04	5,82	0,64	90,16	13,27	1,78
G35	53	14,85	1793	16,56	38,6	246,64	37,26	4,92	0,54	95,46	14,05	1,89
G35	58	15,84	1757	17,63	42,88	295,93	35,98	4,75	0,52	96,71	14,24	1,91
G35	63	17,4	668	24,07	30,39	248,96	47,91	6,33	0,69	77,07	11,34	1,52

Nota: Es: Escenario selvícola [G10 es la aplicación de una clara del 10% en área basimétrica; G25 es la aplicación de una clara del 25% en área basimétrica; G35 es la aplicación de una clara del 35% en área basimétrica]; Edad (años) es la edad de la masa; Hdom (m) es la altura dominante; N (pies ha⁻¹) es el número de pies por hectárea; dg (cm) es el diámetro medio cuadrático; G (m² ha⁻¹) es el área basimétrica; V (m³ ha⁻¹) es el volumen de la masa; Ec: Escenario climático; Ec1=600 mm de precipitación total en los meses de otoño y 10°C de temperatura media de los meses de otoño; Ec2=400 mm de precipitación total en los meses de otoño y 6°C de temperatura media de los meses de otoño; Ec3=150 mm de precipitación total en los meses de otoño y 4°C de temperatura media de los meses de otoño.

Una vez conocidas las productividades de partida, la Figura 2 refleja que, en el escenario 1, donde las condiciones climáticas son más favorables, las tres intensidades de clara aumentan la

productividad de *Lactarius*. Además, a medida que aumenta la intensidad de clara, aumenta la productividad de níscalos. En el escenario 2 y 3, el comportamiento es similar, encontrando que una mayor intensidad de clara, aumenta la productividad de *Lactarius*. Si bien, la producción de níscalos ha sufrido un gran descenso en el escenario 2, obteniendo un máximo de $6,32 \text{ kg ha}^{-1}$ a la edad de 63 años en el escenario selvícola de un 35% de intensidad en área basimétrica y de $0,69 \text{ kg ha}^{-1}$ en el escenario 3, siendo prácticamente nulo a lo largo de toda la simulación.

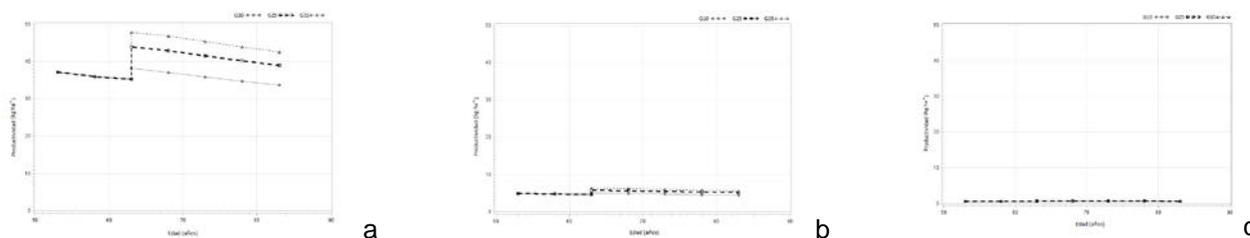


Figura 2. Evolución de la productividad de *Lactarius* grupo *deliciosus* por cada escenario selvícola y climático (a: Escenario 1; b: Escenario 2; 3: Escenario 3).

Si consideramos dentro de cada gestión, qué escenario climático es el que beneficia más, podemos ver que los mayores incrementos de productividad de *Lactarius* se producen en el escenario 1, siendo más acusados cuanto mayor es la intensidad de clara. En los escenarios 2 y 3, al ser la productividad tan baja, el efecto de la gestión no es determinante (Figura 3).

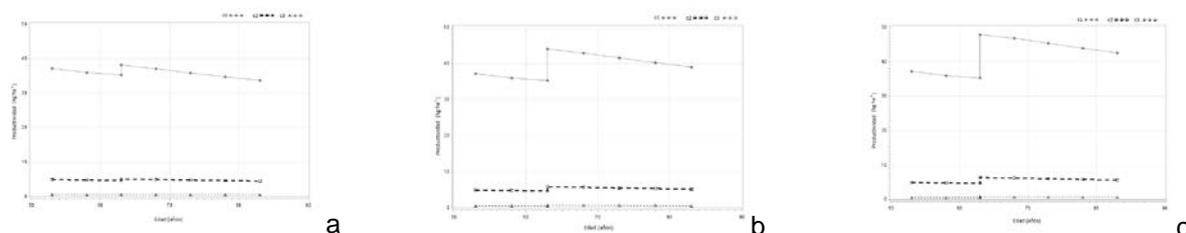


Figura 3. Evolución de la productividad de *Lactarius* grupo *deliciosus* en el escenario 1, 2 y e según se aplican las intensidades de clara del 10%(a), 25%(b) y 35% (c).

Por tanto, al aplicar una clara de 10% de intensidad en área basimétrica, los resultados de la simulación muestran que, en el escenario climático 1, se incrementa un 8,5% la productividad de *Lactarius* a partir de la clara y continua con un incremento superior al 5% a lo largo de la edad de la masa (Figura 4a). Si la clara es del 25% en área basimétrica, se incrementa en un 25% en el momento de la clara y se mantiene por encima del 20% a lo largo de la edad (Figura 4b). Finalmente, si la clara es del 35% este incremento es del 36% en los primeros años y se mantiene por encima del 30% en todo el rango de edad (Figura 4c). En los otros dos escenarios el comportamiento es similar.

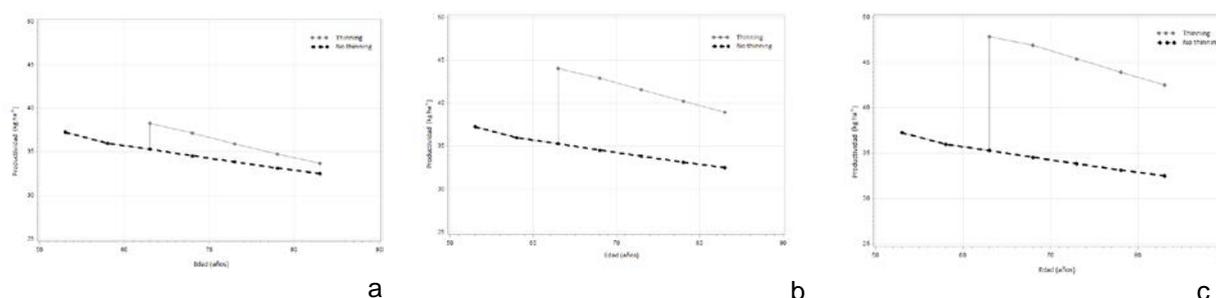


Figura 4. Evolución de la productividad de *Lactarius* grupo *deliciosus* a lo largo de la edad con y sin clara del 10% (a), del 25% (b) y del 35% (c).

Por tanto, se recomiendan intervenciones fuertes, puesto que beneficia la productividad de esta especie de setas. Si las condiciones climáticas futuras fueran de mayores precipitaciones, la productividad en estas masas se vería beneficiada. Si por el contrario, se producen condiciones más xéricas, la gestión aplicada no influye de forma tan determinante en el resultado final.

Con respecto a la evolución de *Boletus* (Figura 5), el escenario 1 obtiene las mayores productividades en los distintos escenarios selvícolas, como en el caso de *Lactarius*. Si bien, la evolución es diferente a raíz de efectuar la clara en los tres casos. Así, cuando se aplica una clara ligera (G10, Figura 5a) se produce un ligero ascenso de producción de *Boletus* en el momento de la clara para seguir descendiendo con la edad de la masa. Sin embargo, cuando se aplica una clara más fuerte (G25 ó G35) se produce un descenso en producción para después conseguir mayores productividades de *Boletus* a lo largo de la masa. Por tanto, en esta especie, las claras más fuertes incrementan la productividad de *Boletus* a lo largo de la edad de la masa.

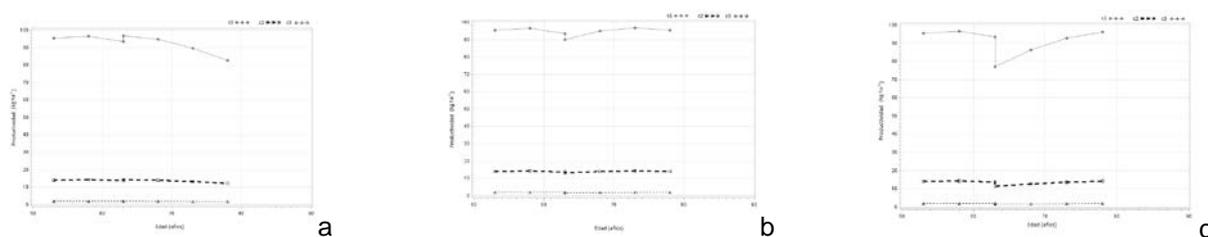


Figura 5. Evolución de la productividad de *Boletus edulis* en el escenario 1, 2 y 3 según se aplican las intensidades de clara del 10% (a), 25% (b) y 35% (c).

Si observamos la comparativa con la evolución de la masa sin tratamiento selvícola (Figura 6), vemos que en claras ligeras obtenemos un incremento en la productividad del 3% al hacer la clara y luego llega a ser del 12% en los últimos años simulados. Por contra, cuando la clara es del 25%, obtenemos un incremento en la productividad del 25% al hacer la clara, que llega a ser del 30%. En el caso de las claras más fuertes, se produce un incremento de la producción, pero es más paulatino en el tiempo y no tan intenso en valor. Por lo tanto, el tipo de clara que mejora la productividad de *Boletus*, según esta simulación, serían claras de 25% en área basimétrica. La masa necesita unos años para recuperarse de la actuación pero después se consiguen mejores rendimientos.

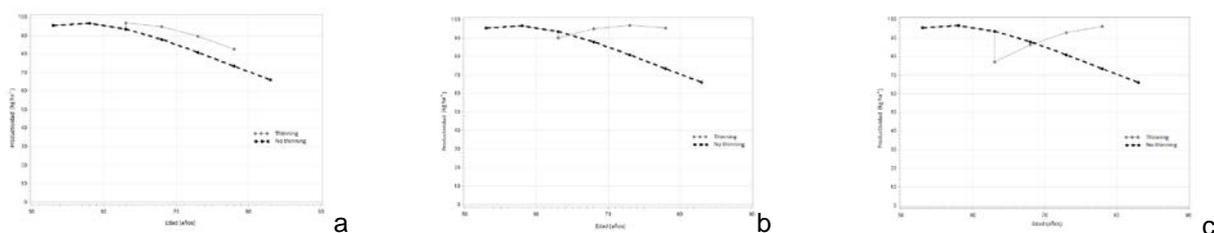


Figura 6. Evolución de la productividad de *Boletus edulis* a lo largo de la edad con y sin clara del 10% (a), del 25% (b) y del 35% (c).

5. Discusión

Con la realización de este trabajo hemos podido simular la productividad de setas en distintos escenarios selvícolas y climáticos.

Entre las distintas estrategias selvícolas de adaptación al cambio climático se encuentra el control de la densidad del rodal mediante los tratamientos de claras (DALE et al., 2001; SPITTLEHOUSE & STEWART, 2003), ya que mejora la disponibilidad de agua de los árboles que

quedan en pie, además de reducir la vulnerabilidad a perturbaciones y favorecer la diversificación de especies que aporte mayor estabilidad al sistema.

Las claras pueden tener efectos tanto negativos como positivos sobre la producción de carpóforos, especialmente de hongos ectomicorrícicos, dado que estas estructuras constituyen el punto de partida para la reproducción sexual de los hongos, y por tanto, su estrategia de supervivencia a largo plazo.

Según los resultados de este estudio, mientras que los níscalos responden bien a cualquier tipo de intensidad de clara, incluso, con mayores producciones cuanto mayor es esta intensidad, en el caso de los boletus, las claras deben ser más moderadas, pues la producción de esta especie necesita un periodo de recuperación después de la intervención, que es mayor cuanto mayor es la intensidad. Por tanto, para *Boletus edulis*, los resultados de este trabajo muestran que las claras que mejoran la productividad en términos globales son las moderadas (25% en área basimétrica). Mediante la simulación en el SIMANFOR se corrobora el comportamiento heliófilo de ambas especies, viéndose beneficiadas por las claras, permitiendo una mayor entrada de luz al suelo que favorece la fructificación de estos carpóforos (ORIA et al, 2007). Otros estudios han mostrado que en montes de pinares, las claras mixtas, con un peso de corta del 30% en número de pies (N) dan lugar a un importante incremento de las especies micorrícicas (EGLI et al., 2007). En montes de *Quercus pyrenaica* o *Quercus petraea*, los hongos comienzan a producir antes si hay espacio suficiente para estar bien iluminados. En consecuencia, se debe conseguir la alternancia de unas masas aclaradas con no aclaradas, porque en años secos o muy calurosos, los hongos heliófilos proliferan en umbrías y montes espesos. Incluso se pueden plantear cultivos agrícolas con micorrizas de tipo endotrófico para la recuperación micológica en equilibrio con la conservación de hábitats.

6. Conclusiones

La gran cantidad de hábitats de producción micológica y la distinta ecología de las setas, hace difícil el resumir las recomendaciones selvícolas para la conservación y promoción de los hongos comestibles. No obstante, con los resultados de este trabajo sí podemos concluir que las simulaciones obtenidas muestran que, en cualquier escenario climático se obtienen incrementos en la producción de níscalos, con el aumento de la intensidad de la clara, pero sólo en las mejores condiciones climáticas la productividad se incrementa en más de un 30% (escenario 1) a lo largo de la edad simulada, frente a las obtenidas en el escenario 2 y 3. Con respecto a la productividad de *Boletus*, podemos decir que la clara que incrementa la cantidad de esta especie, en kg por hectárea, es la clara de un 25% de intensidad en área basimétrica. Este trabajo pone de manifiesto la influencia de la gestión forestal y las intervenciones selvícolas en la productividad micológica.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto SIMWOOD, "Sustainable Innovative Mobilisation of Wood", financiado por el Séptimo Programa Marco de la Unión Europea (Grant agreement no: 613762), al Proyecto de Innovación Docente "Un bosque de Números" de la Universidad de Valladolid y a la ayuda Torres Quevedo (PTQ-05409) del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y el Fondo Social Europeo.

8. Bibliografía

BRAVO, F. 2005. Dinámica de rodales de pino negral (*Pinus pinaster* Ait.) en el Sistema Ibérico Meridional: Estructura genética, regeneración y dinámica forestal. Informe final del proyecto AGL-2001-1780

BRAVO, F.; RODRÍGUEZ, F.; ORDÓÑEZ, A.C.; 2012. A web-based application to simulate alternatives for sustainable forest management: SIMANFOR. *Forest Systems* 21(1): 4-8

BRAVO, F.; HERRERO, C.; ORDÓÑEZ, A.C.; DE LA PARRA, B.; CUESTA, J.; SANTOS, M.; RUANO, I.; MANSO, R.; 2015. Instalación de ensayos de gestión forestal adaptativa en distintos tipos de pinares en el bosque modelo de Palencia. JCyL. pp. 15. Valladolid.

DALE, V.H.; JOYCE, L.A.; MCNULTY, S.; NEILSON, R.P.; AYRES, M.P.; FLANNIGAN, M.D.; HANSON, P.J.; IRLAND, L.C.; LUGO, A.E.; PETERSON, C.J.; SIMBERLOFF, D.; SWANSON, F.J.; STOCKS, B.J. WOTTON. B.M.; 2001. Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51(9): 723-734

EGLI, S.; PETER, M.; BUSER, C.; STAHEL, W.; AYER, F.; 2006. Mushroom picking does not impair future harvests - results of a long-term study in Switzerland. *Biol. conserv.* 129: 271-276

LIZARRALDE, I.; ORDÓÑEZ, A.C.; BRAVO-OVIEDO, A.; BRAVO, F.; 2010. IBEROPS: Modelo de dinámica de rodales de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central y el Sistema Ibérico en Castilla y León (available online at www.simanfor.org).

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

ORIA DE RUEDA SALGUEIRO, J.A.; GARCIA INIGUEZ, C.; MARTIN PINTO, P.; MARTINEZ DE AZAGRA, A.; OLAIZOLA SUAREZ, J.; DE LA PARRA PERAL, B.; FRAILE FABERO, R.; ALVAREZ NIETO, M.A.; 2007. Hongos y setas, Tesoro de Nuestros Montes. Ed. Cálamo. 275 pp. Palencia

SPITTLEHOUSE, D.L.; STEWART, R.B.; 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC J. Ecosys Manage.* 4(1):1-11