



## 6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

---

**6CFE01-019**

---

Montes: Servicios y desarrollo rural  
10-14 junio 2013  
Vitoria-Gasteiz



---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013  
ISBN: 978-84-937964-9-5  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Modelo de producción de *Boletus edulis* en masas de *Pinus sylvestris* en el Bosque Modelo Urbión: una alternativa para lidiar con el exceso de cerros en el ajuste con variables meteorológicas

OTÁROLA, M.<sup>1</sup>, BRAVO, F.<sup>1</sup>, MARTÍNEZ-PEÑA, F.<sup>2</sup> y ALDEA, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Universitario de Gestión Forestal Sostenible, UVa-INIA.

<sup>2</sup>Departamento de Investigación y Experiencias Forestales de Valonsadero, Consejería de Medio Ambiente, JCyL.

### Resumen

El estudio de los potenciales efectos del cambio climático en la producción de setas comestibles en zonas donde la economía regional se basa en ello es de gran relevancia, con el fin de tomar medidas anticipadas ante los posibles cambios en los patrones históricos de aprovechamiento del recurso. Un modelo de producción de *Boletus edulis* que incorpora tanto variables selvícolas como meteorológicas fue ajustado para la región de pinares de Urbión, usando datos de parcelas permanentes remedidas durante 17 años en Pinar Grande (Soria). Se utilizó un modelo condicional (de dos etapas) en la modelización. La primera parte utiliza una regresión logística para predecir la ocurrencia de *B. edulis* en las parcelas, mientras que en la segunda parte aplica un modelo lineal para estimar la producción de *B. edulis* (en kg de peso fresco de carpóforos por ha). Este enfoque fue seleccionado con el fin de lidiar con el excesivo número de cerros que caracteriza este tipo de fenómeno, lo cual deriva en pobres desempeños de modelos ajustados con métodos tradicionales. Los resultados de la validación conjunta del modelo bietápico sugieren que este enfoque es útil en la predicción de la producción de carpóforos de *B. edulis* en rodales de *P. sylvestris* usando variables meteorológicas y del rodal. La generación de modelos de producción de setas calibrados con variables meteorológicas y selvícolas, en conjunto con los modelos de predicción de clima futuro en distintos escenarios de cambio climático, facilitará la planificación de acciones en el paisaje dirigidos a mitigar los potenciales efectos negativos en la economía de la región de Urbión.

### Palabras clave

Producción de carpóforos, modelo condicional, regresión logística, ectomicorriza.

### 1. Introducción

El recurso micológico para uso comestible y medicinal representa un importante producto no maderable del bosque (BOA, 2004), con potencial de incrementar el valor comercial de la gestión forestal de forma significativa. En España sin embargo, a pesar de que el mercado de setas comestibles se enfoca en varias especies (*Lactarius deliciosus*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Amanita caesarea*, *Pleurotus eryngii*, *Calocybe gambosa*), el impacto económico de su aprovechamiento es principalmente local y en algunos casos, regional (BONET *et al.*, 2008). No obstante, los resultados de estudios que incluyen el recurso micológico en la optimización económica de la gestión forestal en España muestran que el ingreso asociado con la producción micológica puede alcanzar desde el 20% del

ingreso de la madera (ALDEA *et al.* 2012), hasta sobrepasar incluso el valor de la misma (PALAHI *et al.*, 2009).

A pesar de su potencial económico y del creciente interés en predecir la producción del recurso micológico con fines de planificación de su aprovechamiento, su modelización es compleja. Es bien aceptado que un amplio rango de factores, desde meteorológicos y de sitio hasta de las características de la vegetación acompañante, afecta la emergencia de carpóforos (STRAATSMA *et al.*, 2001; BONET *et al.*, 2004; MARTÍNEZ DE ARAGON *et al.*, 2007).

Por otro lado, la simulación de la producción de setas con modelos que incorporen variables meteorológicas (temperatura y precipitación mensual o estacional) enfrenta el problema de lidiar con un excesivo número de ceros debido al patrón errático de su emergencia en los cortos periodos de tiempo de agregación de la muestra (mensuales), los cuales son necesarios para capturar el efecto meteorológico. Por esta razón, la distribución de la variable de respuesta no puede ser ajustada con las distribuciones de probabilidad tradicionales debido a que éstas no pueden lidiar con la alta proporción de ceros (FORTIN & DEBLOIS, 2007).

Hasta la fecha, pocos modelos de producción de setas han sido publicados (BONET *et al.*, 2008; BONET *et al.*, 2010; MARTINEZ-PEÑA *et al.*, 2012) y aunque algunos de estos modelos de producción de ectomicorrizas (entre ellas, para *B. edulis*) incluyen variables climáticas (MARTINEZ-PEÑA *et al.*, 2012), los ajustes obtenidos son algo pobres así como probablemente lo sea su precisión en la predicción (a pesar de la significancia de las variables en los ajustes).

## 2. Objetivos

El objetivo del estudio fue probar el uso de la modelización condicional en dos etapas para ajustar un modelo empírico que incluya variables meteorológicas para simular la producción de carpóforos de *Boletus edulis* en rodales de *Pinus sylvestris* en el Bosque Modelo Urbión, con el fin de lidiar con el exceso de ceros característico de este tipo de fenómeno.

## 3. Metodología

### 3.1. Base de datos

Los datos utilizados para este estudio fueron facilitados por el Departamento de Investigación y Experiencias Forestales (DIEF) de Valonsadero. Los datos de producción de *B. edulis* provienen de 18 parcelas permanentes de muestreo micológico establecidas en 1995 en rodales de *P. sylvestris* en la zona de Pinar Grande, Soria, en el Sistema Ibérico. Las parcelas están ubicadas aleatoriamente en rodales con edades entre 7 y 122 años, y son medidas cada año en el periodo de las semanas 35 a la 50, con visitas semanales en las cuales se colectan todos los esporocarpos de especies de ectomicorrícicas mayores de 1 cm de diámetro. El tamaño de parcela es de 150 m<sup>2</sup> y en ella se han medido adicionalmente variables de sitio (altitud, pendiente y orientación) y meteorológicas (temperatura mínima y máxima mensual y precipitación mensual), y se han realizado análisis detallados de suelo el año de su instalación. Una descripción detallada de las parcelas y el protocolo de medición puede encontrarse en MARTÍNEZ-PEÑA *et al.* (2012). En este estudio se han utilizado los datos de producción inventariada de *B. edulis* durante el periodo 1995-2011 (kg de peso fresco), así como las variables de sitio, meteorológicas y de suelo.

Asimismo, la base de datos se complementó con información de los rodales de *P. sylvestris* donde se colectaron los esporocarpos, generada mediante la instalación y medición de 18 parcelas temporales de inventario forestal (asociadas a las parcelas micológicas) por parte del DIEF-Valonsadero. Las parcelas, de 800 m<sup>2</sup> (20 m x 40 m) fueron medidas en dos ocasiones (1995 y 2010), registrando todos los diámetros a 1.3 m y las alturas de un mínimo de 10 árboles. La descripción detallada de las parcelas y su medición puede encontrarse en MARTÍNEZ-PEÑA *et al.* (2012).

El Índice de Sitio de cada parcela fue calculado usando la edad del rodal y la altura dominante, según el modelo de ROJO y MONTERO (1996). Las características del rodal fueron actualizadas para cada año de inventario micológico mediante la simulación del desarrollo del rodal usando el modelo IBERO-Ps (LIZARRALDE *et al.*, 2010) en la plataforma SIMANFOR (BRAVO *et al.*, 2010).

### 3.2 Métodos estadísticos

El modelo condicional fue calibrado en dos partes. La primera parte consiste en la predicción de la probabilidad de observar (o no observar) la fructificación de *B. edulis*. Para esto se realizó una regresión logística. El modelo logístico tiene la siguiente estructura general:

[1]

$$P = (1 + e^{-(\alpha + \sum b_i X_i)})^{-1}$$

donde  $P$  es la probabilidad de ocurrencia de *B. edulis* en la parcela,  $\alpha$  es el término constante y  $\sum b_i X_i$  es una combinación de parámetros y variables independientes  $X_i$ . Las variables independientes evaluadas fueron área basal (G), número de árboles (N), diámetro medio cuadrático (Qmd), índice de sitio (SI), altura dominante (Hd), edad (Age), temperaturas mensuales máximas, mínimas y media, y precipitación mensual, así como diversas variables de sitio y suelo. Se usó un procedimiento de selección de variables “Backward” ( $P > 0.05$ ) para ajustar el modelo. Los ajustes alternativos fueron evaluados usando el Criterio de Información de Akaike (AIC), el área bajo la curva ROC (un área  $> 0.8$  indica una excelente discriminación según el criterio de HOSMER & LEMESHOW (2000)), y el comportamiento teórico esperado (indicado por el signo de los parámetros estimados). Si la probabilidad de ocurrencia de *B. edulis* predicha es mayor o igual a un valor umbral, la parcela se considera productiva, de lo contrario, se considera no productiva. El valor umbral fue elegido de manera que el porcentaje de clasificaciones correctas de parcelas ocupadas fue maximizado. El test de Hosmer & Lemeshow (HOSMER & LEMESHOW, 2000) fue también utilizado para evaluar la bondad del ajuste.

La segunda parte del modelo fue condicional a la presencia (producción) de *B. edulis*. La producción de esporocarpos de *B. edulis* (en kg/ha) fue modelizada usando una regresión lineal múltiple en aquellos rodales donde, según el componente logístico, se había determinado la presencia del recurso. El componente lineal evaluado se expresa como:

[2]

$$Yld = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 N + \beta_3 Qmd + \beta_4 SI + \beta_5 Hd + \beta_6 Age + \beta_7 meteo + \varepsilon_{ij}$$

para  $Yld > 0$ ,

donde  $Yld$  es la producción de *B. edulis* en kg/ha de peso fresco,  $\varepsilon_{ijs}$  es el término de error y  $\beta_{ij}$  son los coeficientes de efecto fijo. Las variables independientes evaluadas fueron área basal (G), número de árboles (N), diámetro medio cuadrático (Qmd), índice de sitio (SI), altura dominante (Hd), edad (Age), temperaturas mensuales máximas, mínimas y media, y precipitación mensual (meteo), así como diversas variables de sitio y suelo. Se usó un procedimiento de selección de variables “Backward” ( $P > 0.05$ ) para ajustar el modelo. El ajuste del modelo lineal se evaluó mediante el coeficiente de determinación ajustado.

El ajuste del modelo condicional (bietápico) en conjunto fue evaluado mediante la estimación de un coeficiente de determinación conjunto (ecuación 3), usando un gráfico entre los valores reales y predichos de la producción de *B. edulis*, y calculando el sesgo del modelo (ecuación 4) para determinar la precisión conjunta del modelo bietápico (HUANG *et al.*, 2003).

[3]

$$R^2 = 100 \cdot \left( 1 - \frac{S_{res}^2}{S_{real}^2} \right)$$

donde  $S_{res}^2$  es la varianza de los residuales y  $S_{real}^2$  es la varianza de la variable dependiente (producción de *B. edulis*).

[4]

$$bias = \frac{\sum(Yld_{real} - Yld_{pred})}{n}$$

donde  $n$  es el número de observaciones,  $Yld_{real}$  y  $Yld_{pred}$  son la producción observada y la predicha de carpóforos de *B. edulis*, respectivamente.

#### 4. Resultados

Como se describió anteriormente, la base de datos de producción de *B. edulis* contiene un alto porcentaje de ceros (figura 1), lo que justifica el uso de un modelo condicional como el planteado en el presente estudio. El modelo bietápico propuesto alcanzó un ajuste conjunto del 45.0%.

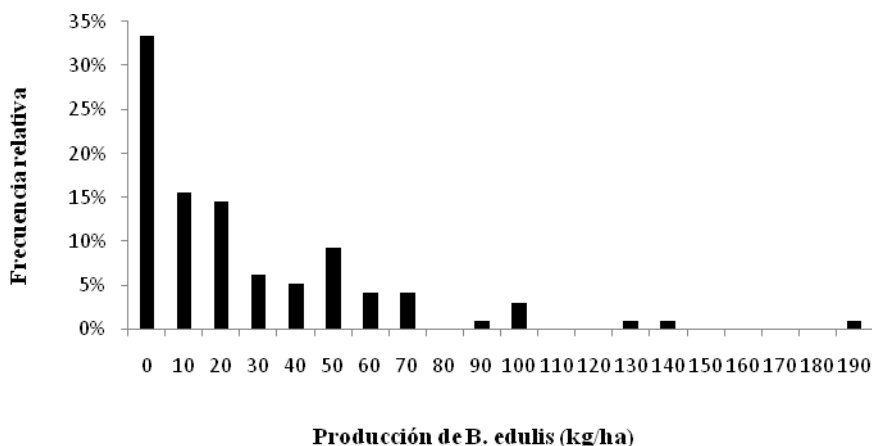


Figura 1. Distribución de frecuencia relativa de la producción de *B. edulis* en Pinar Grande, Soria.

#### 4.1 Componente Logístico

El procedimiento de eliminación de variables “Backward” en el modelo logístico finalizó con un ajuste del modelo para la predicción de la presencia de *B. edulis* con las variables independientes N y Ps (precipitación de septiembre) significativas. El signo de los coeficientes de estas variables fueron los esperados: una mayor probabilidad de presencia de *B. edulis* conforme aumenta la precipitación al inicio de otoño (septiembre), y una reducción de la probabilidad de ocurrencia al incrementarse el número de árboles por ha.

El modelo final no mostró evidencia de falta de ajuste según el test de Hosmer & Lemeshow ( $Pr > 0.9716$ ). El valor del área bajo la curva ROC (0.888) (figura 2) indica una buena precisión del modelo en la clasificación (excelente discriminación) de eventos (ocurrencia de *B. edulis*). El valor de umbral fue de 0.59, el cual permitió clasificar correctamente el 90.6% las parcelas con ocurrencia de *B. edulis* (sensibilidad igual a 98.7% y especificidad igual a 60.0%).

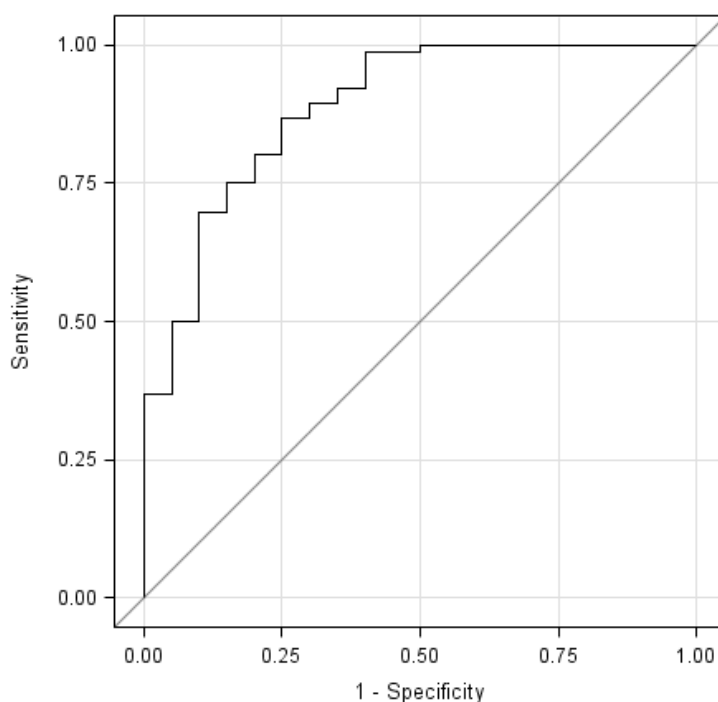


Figura 2. Curva ROC para el modelo seleccionado para estimar la probabilidad de ocurrencia de *B. edulis* en rodales de *P. sylvestris* en Pinar Grande, Soria. Área bajo la curva = 0.8888.

#### 4.2 Componente Linear

El componente lineal ajustado para estimar la producción total del peso fresco por ha de *B. edulis* en los rodales de *P. sylvestris* de Pinar Grande resultó ser una función de variables del rodal (Qmd, N, Age) y meteorológicas (Pas: precipitación de agosto y septiembre). Altas densidades de rodal (en número de árboles o en ocupación de área basal) se traducen en menor producción. En cambio, mayores edades y mayor precipitación al inicio de la estación (agosto y septiembre) se relacionan a mayor producción de *B. edulis* (tabla 1). El coeficiente de determinación ajustado para este componente fue de 33.86%.

Tabla 1. Componentes logístico y lineal del modelo de producción de *B. edulis* en rodales de *P. sylvestris* en Pinar Grande de Soria. N: número de árboles por ha; Ps: precipitación de septiembre; Qmd: diámetro medio cuadrático; Age: edad del rodal; Pas: precipitación de agosto y septiembre.

Componente	Variables	Coefficientes	Error Estándar	Pr > Chi-cuadrado
Logístico	Intercepto	1.3892	0.6475	0.0319
	N	-0.00079	0.000208	0.0002
	Ps	0.00575	0.00254	0.0235
Linear	Intercepto	97.52161	31.21764	0.0025
	Qmd	-552.43819	188.03551	0.0043
	N	-0.03391	0.01052	0.0019
	Age	1.08769	0.50484	0.0343
	Pas	0.06467	0.01040	< 0.001

#### 4.3 Validación del Modelo Condicional en conjunto

El ajuste bietápico propuesto permitió alcanzar una adecuación conjunta (ecuación 3) del modelo igual a 45.0%. El resultado de gráfico de validación de ajuste entre valores predichos y reales se muestra en la figura 3 (Valor de  $R^2$  ajustado = 0.4444). Como resultado de esta regresión se obtuvo que el término constante (intercepto) contiene el cero dentro de su intervalo de confianza, y el parámetro de la variable independiente contiene el uno dentro de su intervalo de confianza, de modo que el modelo no muestra sesgo o falta de precisión (figura 3). El sesgo absoluto (conjunto) estimado del modelo condicional (ecuación 4) fue muy bajo ( $-2.7 \times 10^{-14}$  kg/ha).

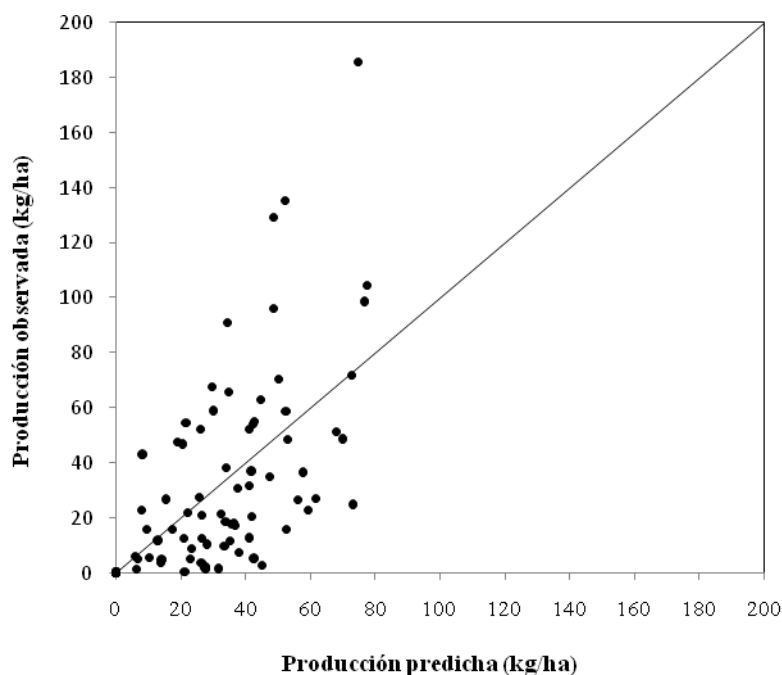


Figura 3. Ajuste de regresión lineal entre valores observados y predichos de producción de *B. edulis* en Pinar Grande, Soria.

## 5. Discusión

Los resultados de la validación conjunta sugieren que el modelo de dos etapas es útil en la predicción de la producción de carpóforos de *B. edulis* en rodales de *P. sylvestris* usando variables meteorológicas y del rodal. La estrategia de modelización condicional (en dos etapas) para lidiar con el exceso de ceros característico del muestreo de *B. edulis* en rodales de *P. sylvestris* parece dar resultados aceptables, aún cuando es difícil hacer comparaciones dada la escasez de modelos para esta especie fúngica, especialmente aquellos calibrados con variables meteorológicas. MARTÍNEZ-PEÑA *et al.* (2012) ajustaron un modelo de regresión no lineal de efectos fijos para estimar la producción de carpóforos (en peso fresco por ha) de *B. edulis* en la misma zona, hallando significancia tanto en variables del rodal como meteorológicas. Sin embargo, sus indicadores de ajuste son bajos (el  $R^2$  del modelo fue de 0.222), lo cual es común en este tipo de modelos dada la complejidad de factores asociados a la emergencia de carpóforos de esta especie. El uso del modelo condicional en este estudio mejora algunos indicadores de ajuste, sin embargo éstos no son fácilmente comparables debido a la diferente estructura de su cálculo.

Tal como lo observa MARTÍNEZ DE ARAGÓN (2007) al estudiar los factores climáticos que influyen en producción de esporocarpos en bosques de pino en los Pirineos, nuestros resultados indican que la disponibilidad de agua desde el mes de agosto es relevante para la producción de carpóforos de *B. edulis*. Sin embargo, a diferencia de éste autor y de lo encontrado por MARTÍNEZ-PEÑA (2012) en Pinar Grande de Soria, el efecto de la temperatura no fue significativo para nuestro grupo de datos. Esta influencia de la precipitación y temperatura ha sido estudiada por diversos autores en diferentes sitios (STRAATSMA *et al.*, 2001; GANGE *et al.*, 2007; KAUSERUD *et al.*, 2008; BONET *et al.* 2008), mostrando siempre una correlación positiva entre la precipitación y la producción fúngica.

Las características del sitio y del suelo no afectaron tanto la probabilidad de ocurrencia de carpóforos de *B. edulis* como a su emergencia (producción). Los modelos elegidos (logístico y linear) no pudieron captar este efecto, posiblemente por la falta de heterogeneidad de estos factores entre las parcelas. No obstante, otros autores han encontrado afinidad de *B. edulis* por suelos ácidos y permeables con texturas arenosas (ALONSO *et al.*, 2011; MARTINEZ-PEÑA *et al.*, 2012).

En relación a la influencia de las condiciones del rodal, la significancia de la variable N (número de árboles por ha) en el modelo logístico está posiblemente relacionada con la alta densidad de algunas parcelas, especialmente las de menor edad, lo cual no se ve reflejado en otras variables de ocupación como el área basal (que no fue significativa en ninguna etapa de la modelación). Este efecto es más claro en el modelo linear (predicción de producción de carpóforos), donde la edad está relacionado positivamente con la producción, que a su vez es inversamente proporcional a N y al diámetro medio cuadrático. Estos resultados difieren de lo hallado por MARTÍNEZ-PEÑA *et al.* (2012) al modelizar la producción de *B. edulis* en esta misma zona. Estos autores hallaron evidencia del efecto del área basal en la producción de esta especie fúngica, encontrando que el máximo de la producción del recurso ocurre en rodales con ocupaciones entre 40-45 m<sup>2</sup> (fue la única variable del rodal con significancia en su modelo).



## 6. Conclusiones

- Los resultados de la validación conjunta sugieren que el modelo de dos etapas es útil en la predicción de la producción de carpóforos de *B. edulis* en rodales de *P. sylvestris* usando variables meteorológicas y del rodal. Sin embargo, la validación con datos externos es necesaria para confirmar la validez del modelo.
- El modelo en sus dos etapas confirma el efecto de variables meteorológicas en la emergencia (ocurrencia y cantidad) de carpóforos de *B. edulis*.
- Los moderadamente bajos indicadores de ajuste hacen evidente la alta complejidad de factores relacionados con la producción de esta especie fúngica. Nuevos enfoques de modelización deben ser probados para mejorar las predicciones.
- La calibración de modelos de producción fúngica con variables meteorológicas puede ser relevante para aproximar predicciones en escenarios futuros de cambio climático, con el fin de ayudar en la creación de estrategias de adaptación en la gestión forestal y micológica.

## 7. Agradecimientos

El autor recibe una beca de estudio de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) para realizar su tesis doctoral. Agradecimientos especiales al CIF Valonsadero por facilitar la base de datos (información) generada durante 17 años de muestreo.

## 8. Bibliografía

ALDEA, J.; MARTINEZ-PEÑA, F.; DIAS-BALTEIRO, L.; 2012. Integration of fungal production in forest management using a multi-criteria method. Eur. J. Forest. Res. DOI 10.1007/s10342-012-0649-y

ALONSO, R.; AGUEDA, B.; AGREDA, T.; MODREGO, M.P.; ALDEA, J.; FERNANDEZ-TOIRAN, L.M.; MARTINEZ-PEÑA, F.; 2011. Rockroses and *Boletus edulis* ectomycorrhizal association: realized niche and climatic suitability in Spain. Fungal Ecology 4, 224-232.

BOA, E.; 2004. Wild edible fungi: a global overview of their importance to people. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5489e/y5489e00.htm>

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.; PALAHI, M.; COLINAS, C.; PUKKALA, T.; FISCHER, C.R.; MIINA, J.; DE ARAGON, J.M.; 2010. Modelling the production and species richness of wild mushrooms in pine forests of the Central Pyrenees in northeastern Spain. Can. J. For. Res.-Rev. Can. Rech. For. 40, 347-356.

BONET, J.A.; PUKKALA, T.; FISCHER, C.R.; PALAHI, M.; DE ARAGON, J.M.; COLINAS, C.; 2008. Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in the Central Pyrenees. *Annals of Forest Science* 65.

BRAVO, F.; RODRÍGUEZ F.; ORDOÑEZ A.C.; 2010. SimanFor: Sistema de apoyo para la simulación de alternativas de manejo forestal sostenible. Disponible en [www.simanfor.es](http://www.simanfor.es) (último acceso el 16/10/2012).

FORTIN, M.; DEBLOIS, J.; 2007. Modeling tree recruitment with zero-inflated models: The example of hardwood stands in southern Quebec, Canada. *For. Sci.* 53, 529-539.

GANGE, A.C.; GANGE, E.G.; SPARKS, T.H.; BODDY, L.; 2007. Rapid and recent changes in fungal fruiting patterns. *Science* 316, 71-71.

HOSMER, D.W.; LEMESHOW, S.; 2000. Applied logistic regression. John Wiley & Sons, Inc., New York.

HUANG, S.; YANG, Y.; WANG, Y.; 2003. A critical look at procedures for validating growth and yield models. Cabi Publishing, Cambridge.

KAUSERUD, H.; STIGE, L.C.; VIK, J.O.; OKLAND, R.H.; HOILAND, K.; STENSETH, N.C.; 2008. Mushroom fruiting and climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 105, 3811-3814.

KREBS, C.J.; CARRIER, P.; BOUTIN, S.; BOONSTRA, R.; HOFER, E.; 2008. Mushroom crops in relation to weather in the southwestern Yukon. *Botany* 86, 1497-1502.

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.

MARTINEZ-PEÑA, F.; DE-MIGUEL, S.; PUKKALA, T.; BONET, J.A.; ORTEGA-MARTINEZ, P.; ALDEA, J.; MARTINEZ DE ARAGON, 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.

MARTÍNEZ DE ARAGON, J.; BONET, J.A.; FISCHER, C.R.; COLINAS, C.; 2007. Productivity of ectomycorrhizal and selected edible saprotrophic fungi in pine forests of the pre-Pyrenees mountains, Spain: Predictive equations for forest management of mycological resources. *For. Ecol. Manage.* 252, 239-256.

PALAHI, M.; PUKKALA, T.; BONET, J.A.; COLINAS, C.; FISCHER, C.R.; DE ARAGON, J.R.M.; 2009. Effect of the Inclusion of Mushroom Values on the Optimal Management of Even-Aged Pine Stands of Catalonia. *For. Sci.* 55, 503-511.

ROJO, A.; MONTERO, G., 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 293 pp

STRAATSMA, G.; AYER, F.; EGLI, S.; 2001. Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycol. Res.* 105, 515-523.