

# MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MICOLÓGICA Y SU VALOR ECONÓMICO EN LA GESTIÓN FORESTAL



José Antonio Bonet Lledós

Seminario final del proyecto  
europeo Micosylva

10 de junio de 2010

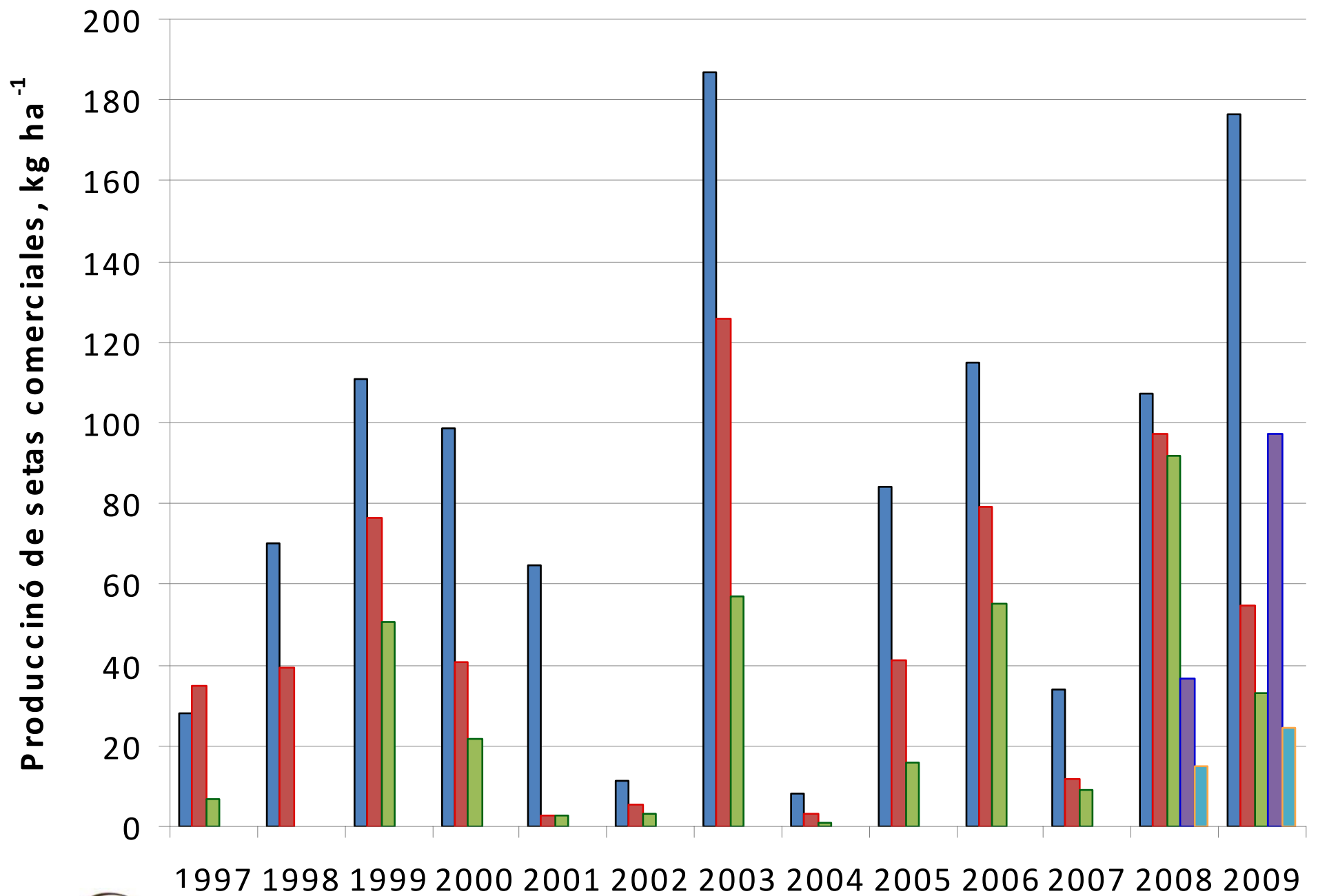
# Selvicultura fúngica- Micoselvicultura

Requerimientos para aplicar selvicultura:

- ¿Qué tenemos? (inventario)
- ¿Qué queremos? (def. objetivos)-Planificación
- ¿Cómo lo hacemos? (técnicas)-Selvicultura







1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009

■ *P.sylvestris*   
 ■ *P.nigra*   
 ■ *P.halepensis*   
 ■ *P.pinaster*   
 ■ *Q.ilex*

Año de muestreo





- ✓ Cortamos el bosque o no?
- ✓ Si cortamos, cuanto?
- ✓ Hacemos limpieas?
- ✓ ...

# Factores (externos) que afectan a la emergencia de carpóforos

## Asociados a estación

(suelo, exposición, orientación...)



## Climáticos

(humedad, Temp...)

## Asociados a la masa forestal

(estructura, edad, densidad, altura, etc...)



# Factores (externos) que afectan a la emergencia de carpóforos

## Asociados a estación

(suelo, exposición, orientación...)



## Climáticos

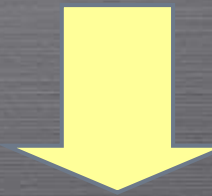
(humedad, Temp...)

## Asociados a la masa forestal

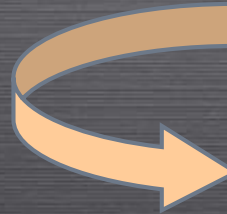
(estructura, edad, densidad, altura, etc...)

¡Combinaciones de todas los factores entre si dan un número muy grande de posibles soluciones!

**Necesidad de disponer de herramientas que permitan conocer dinámicas y ayudar a la toma de decisiones**



**MODELIZACIÓN FORESTAL**



La modelización forestal se puede definir como el arte de entender, simular y predecir la dinámica de la masa forestal



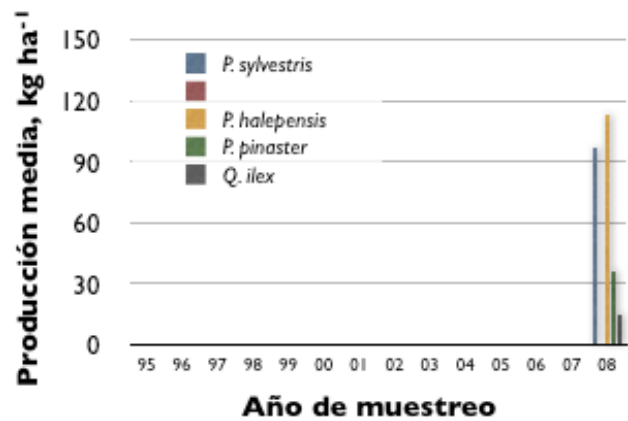
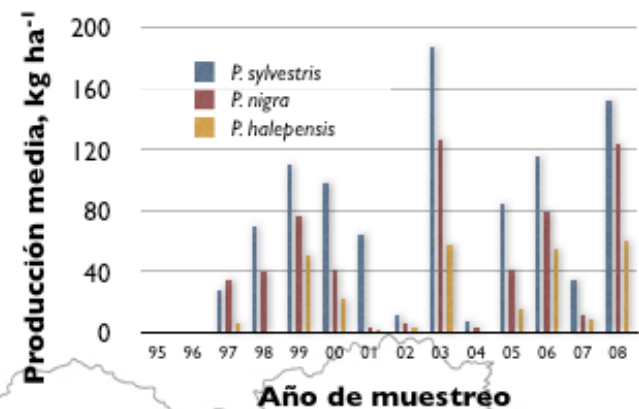
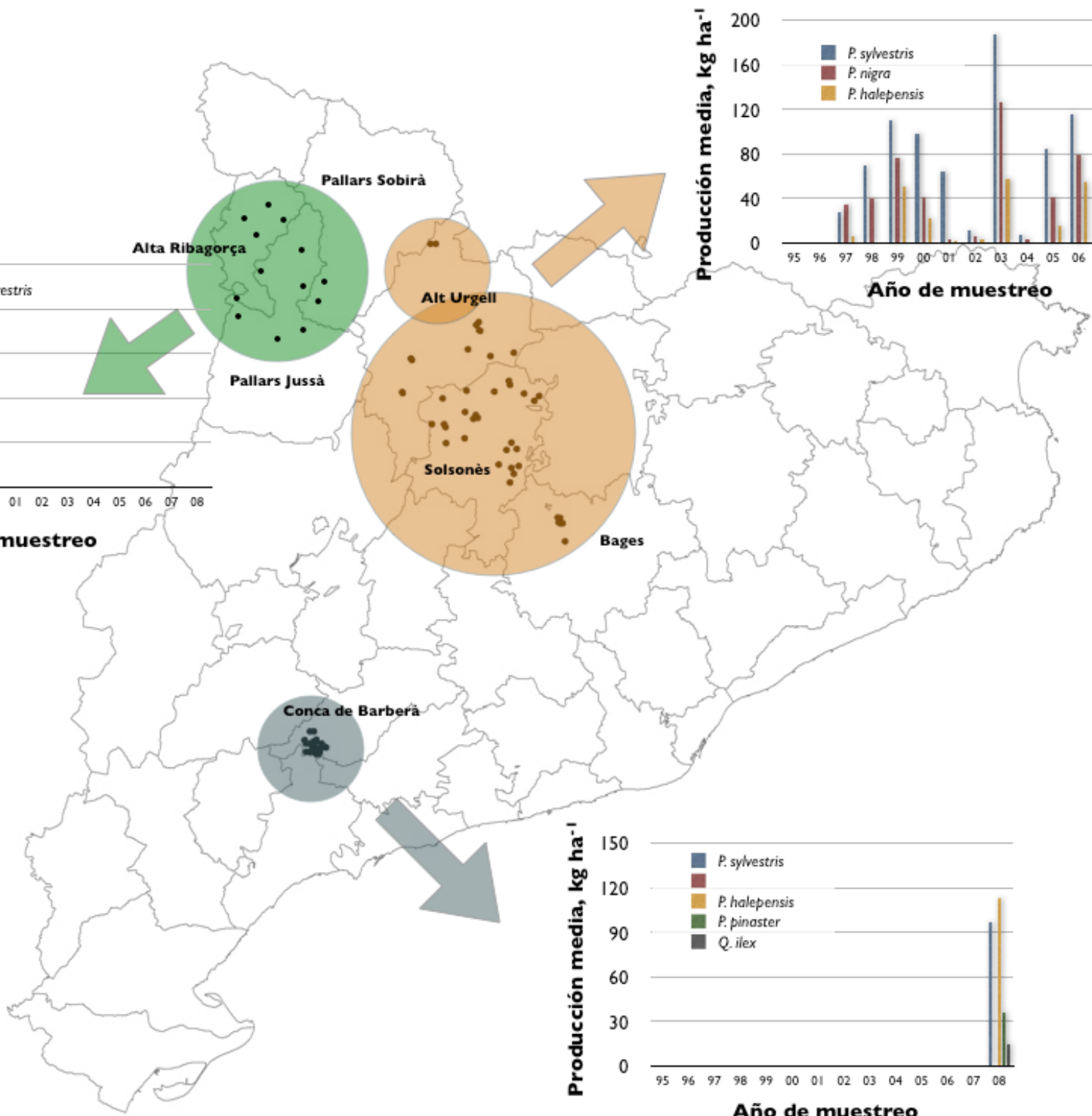
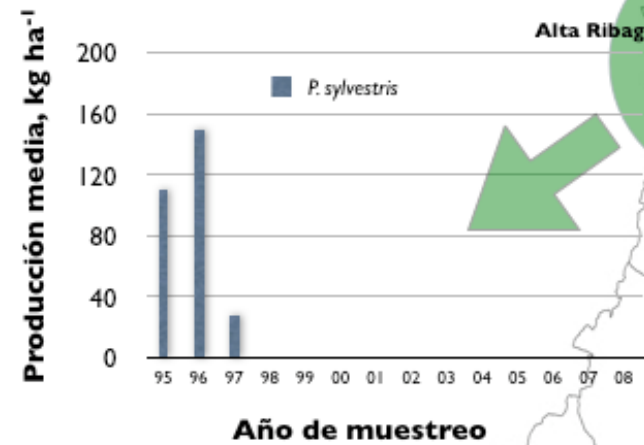


# Caso estudio 1-Cataluña

- Desarrollo de modelos empíricos para predecir la producción de hongos silvestres epígeos en pinares en los Pirineos centrales basados en datos de producción fúngica







# Inventario micológico

- Dos juegos de parcelas inventariados en estudios previos:
  - 24 parcelas en repoblaciones de *P. sylvestris* en comarcas vecinas de Huesca y Lleida, inventariadas entre 1995-1997. (Bonet et al. 2004).
  - 21 parcelas en bosques naturales de *P. sylvestris*, *P. nigra* y *P. halepensis* en la región del Solsonès (Lleida), inventariadas entre 1997-2001 y posteriormente en 2007 (Martínez de Aragón et al. 2007).
- Parcelas inventariadas semanalmente entre los meses de septiembre a noviembre.
- Agrupación de hongos en diferentes grupos para el desarrollo de modelos.



# Inventario forestal

- Las 45 parcelas micológicas fueron inventariadas para obtener información de las características dasométricas de las mismas y caracterizar los datos de la estación entre 2006 y 2007.
- Inventario de parcelas (con tamaño medio entre 0.04-0.16 ha) midiendo un mínimo de 100 árboles con diámetro normal > 7.5 cm.
- Medición para todos los árboles del diámetro normal y del crecimiento de los últimos 10 años y para un mínimo de 20 árboles por parcela medición de la altura, edad y grosor de la corteza.

# Proceso de modelización

- Los predictores se seleccionaron de variables asociadas a la estación y a la masa forestal (y sus transformaciones) (Variables climáticas no incluidas debido a dificultades de predicción)
- Debido a la estructura jerárquica de los datos, y a que las mediciones fúngicas de un mismo año así como las mediciones de una misma parcela son observaciones correlacionadas, se aplicó la técnica GLS para obtener modelos lineares mixtos

$$y_{ij} = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \mu_i + \mu_j + \varepsilon_{ij}$$



# Modelos obtenidos (1)

- Los análisis de regresión muestran que el **área basimétrica, altitud, orientación y pendiente** fueron los predictores más significativos:

## Hongos comestibles

$$Edible = \exp(-26.232 + 4.2742 \times \ln(G) - 2.376 \times \sqrt{G} + 3.824 \times \ln(Ele) + 0.435 \times \ln(Slo + 1) \times \cos(Asp) + PF_{Edible}) \times 1.926$$

$$PF_{Edible} = 0.115 + 0.405 \times \textit{planted} - 0.003 \times Slo^{1.5} + 0.662 \times \textit{sylvestris}$$

# Modelos obtenidos (2)

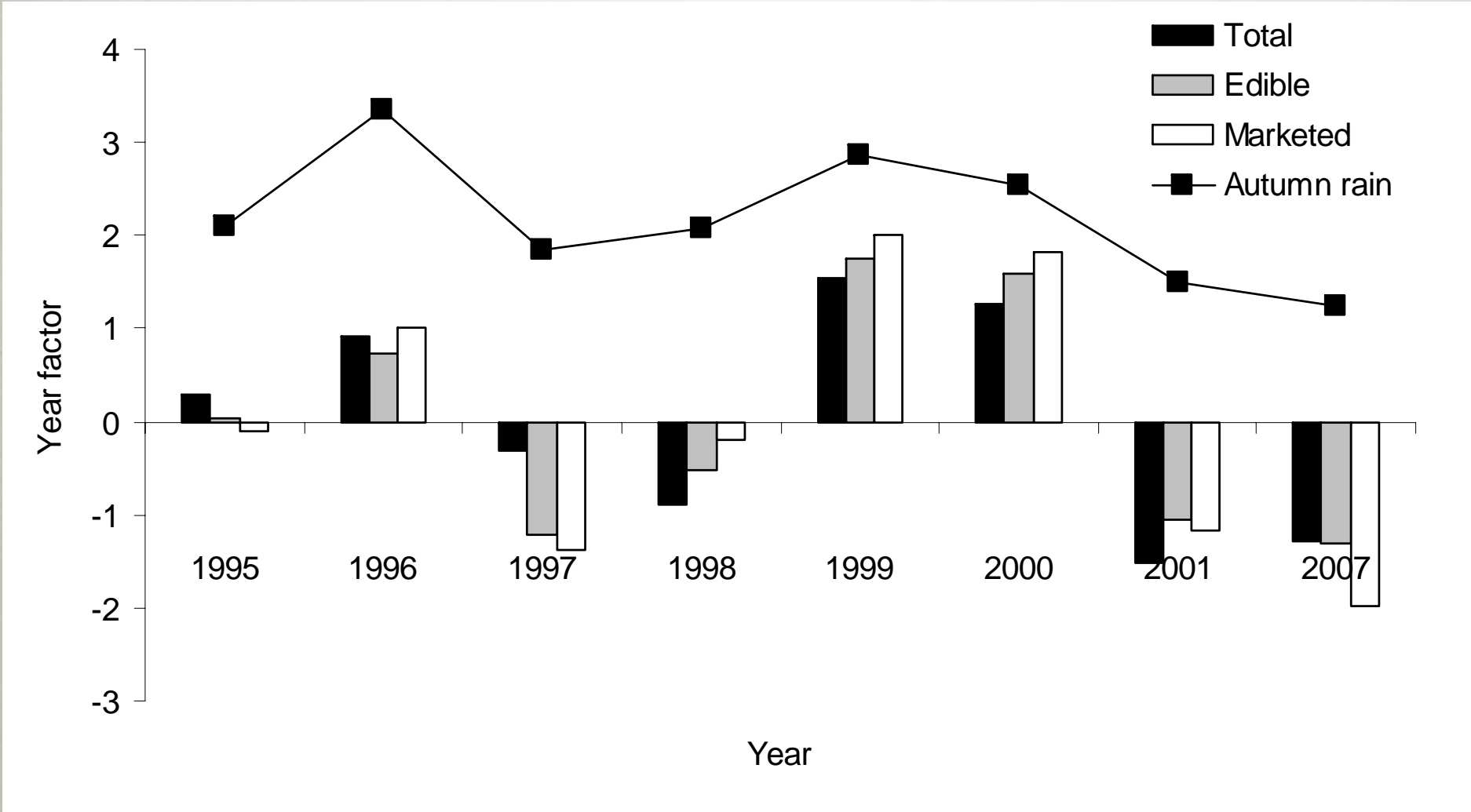
## Hongos comercializados

$$\begin{aligned}
 \textit{Marketed} = & \exp(-28.362 + 2.634 \times \ln(G) - 1.338 \times \sqrt{G} + 3.956 \times \ln(\textit{Ele}) \\
 & + 0.219 \times \ln(\textit{Slo} + 1) \times \cos(\textit{Asp}) + PF_{\textit{Marketed}}) \times 3.915
 \end{aligned}$$

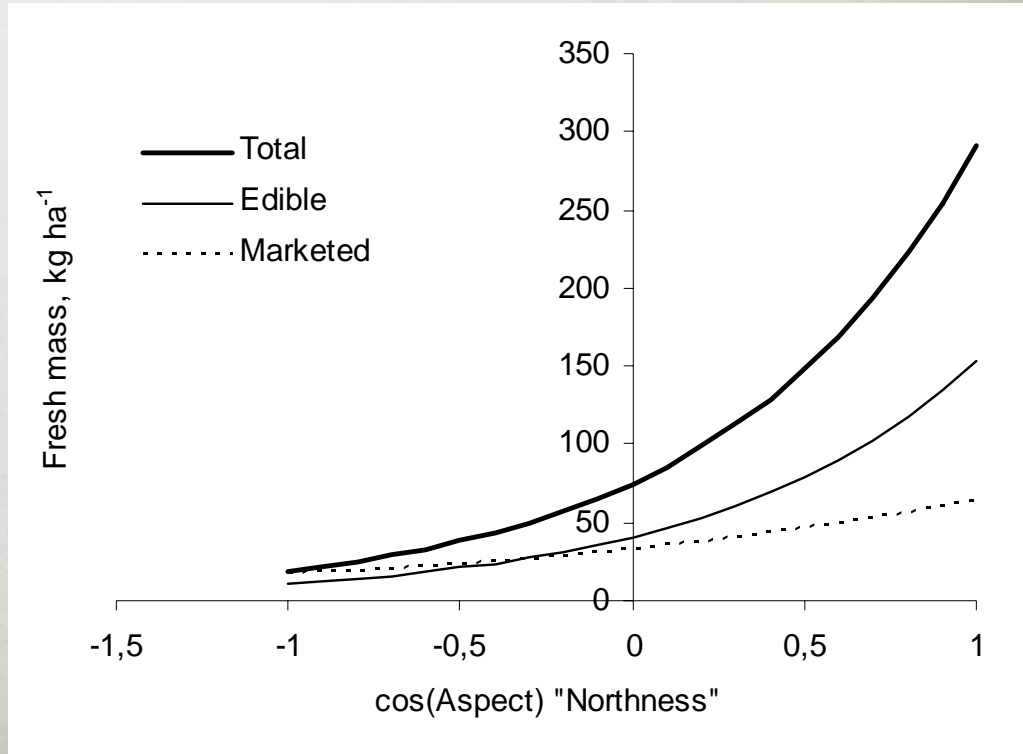
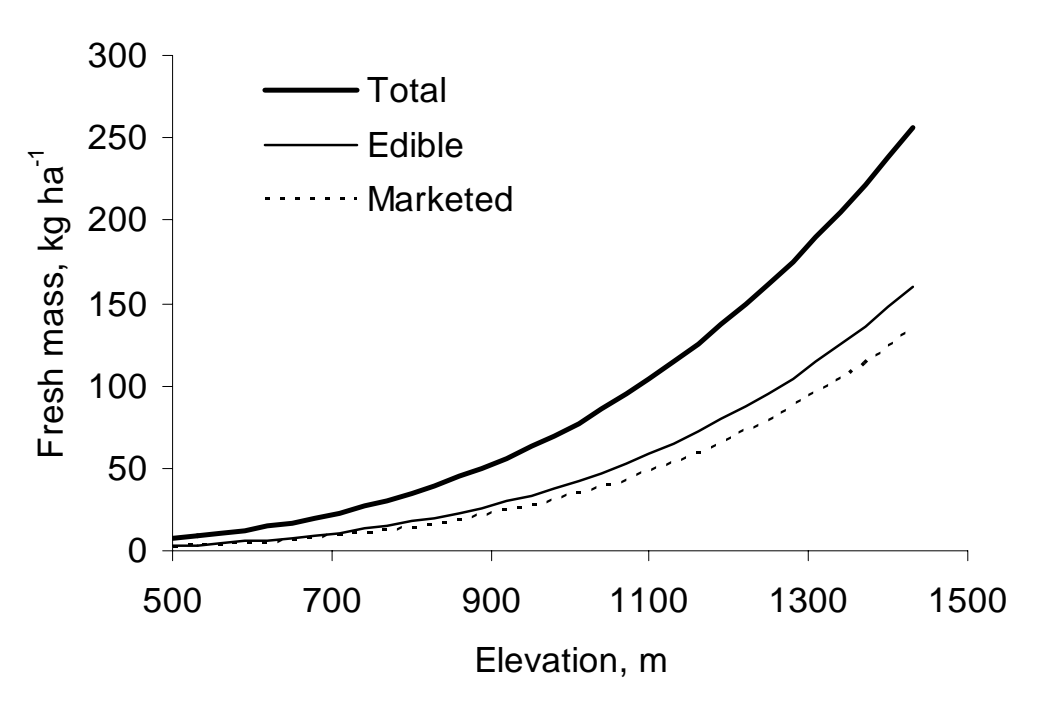
$$PF_{\textit{Marketed}} = 0.275 + 0.985 \times \textit{planted} - 0.008 \times \textit{Slo}^{1.5} + 1.628 \times \textit{sylvestris}$$



# Resultados (1)

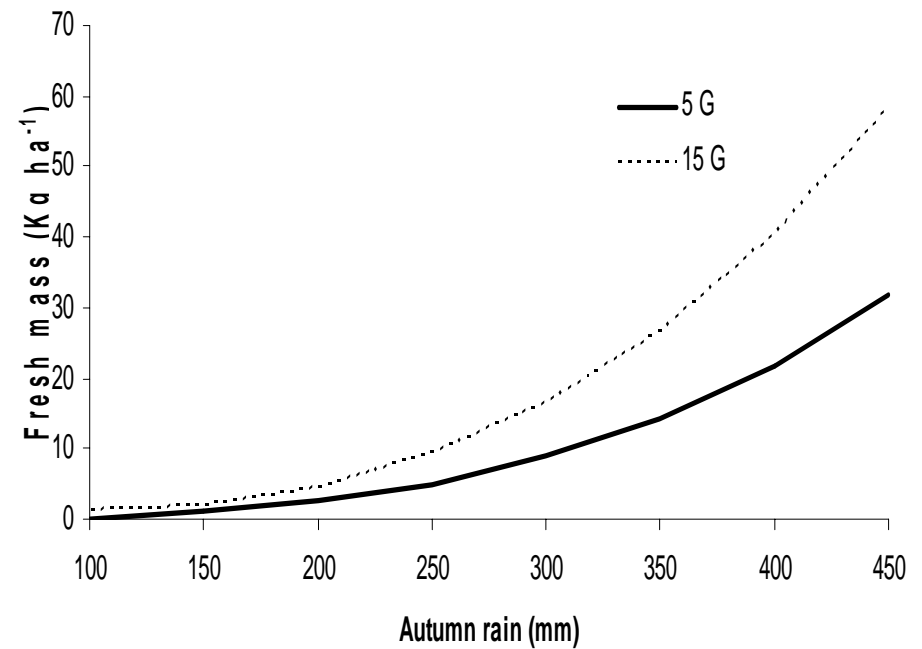
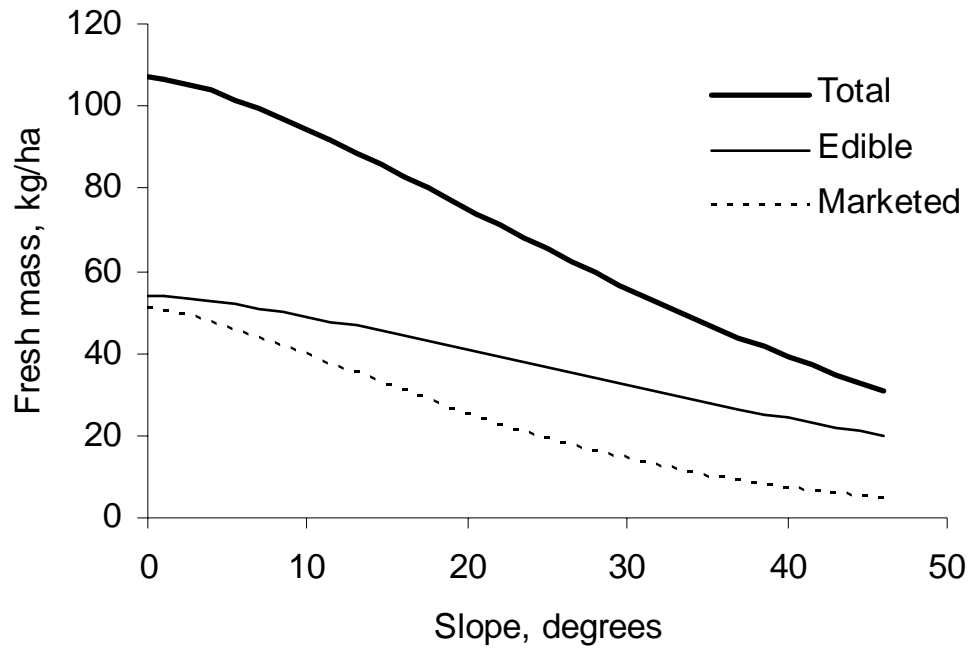


# Resultados (2)



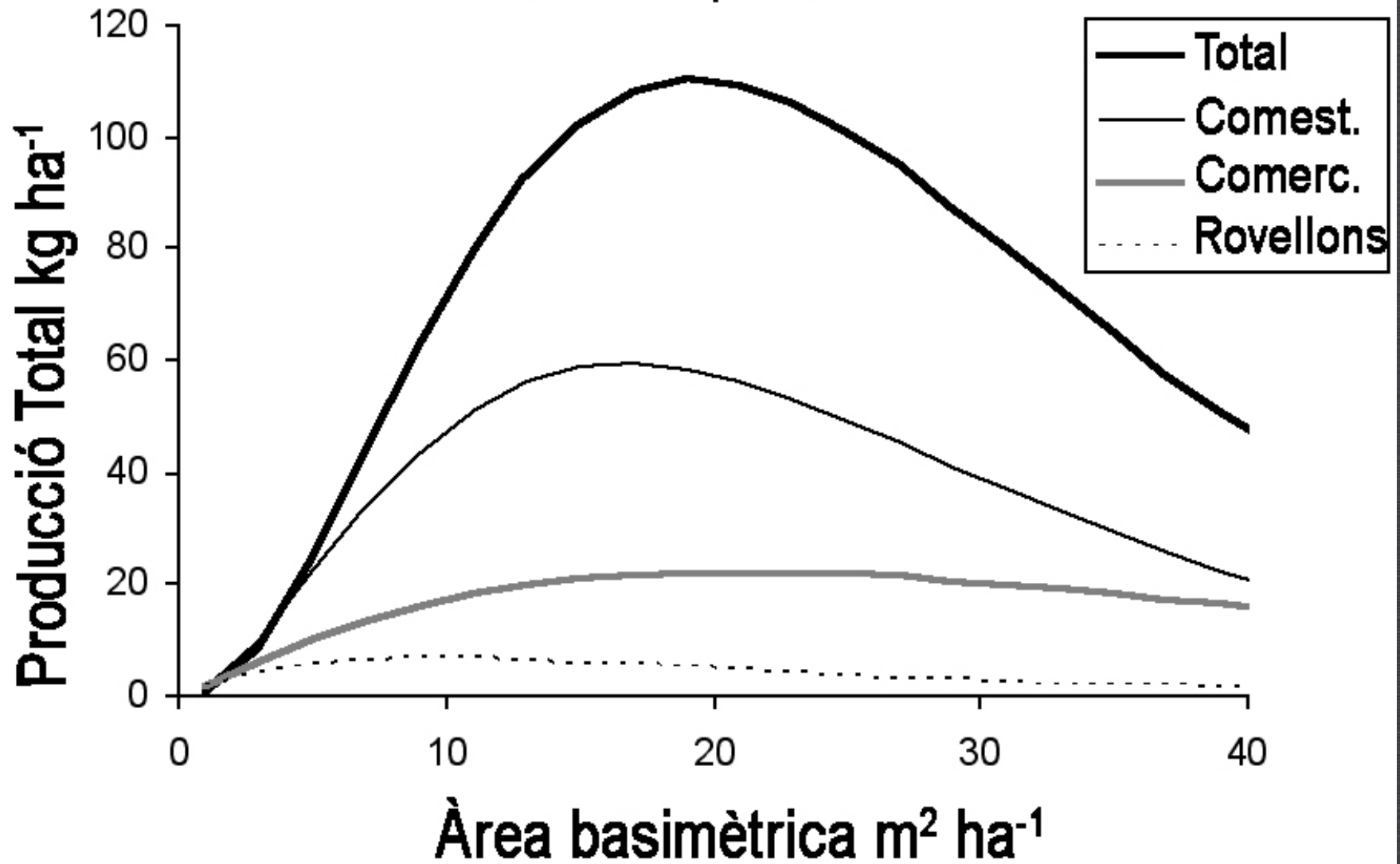


# Resultados (3)

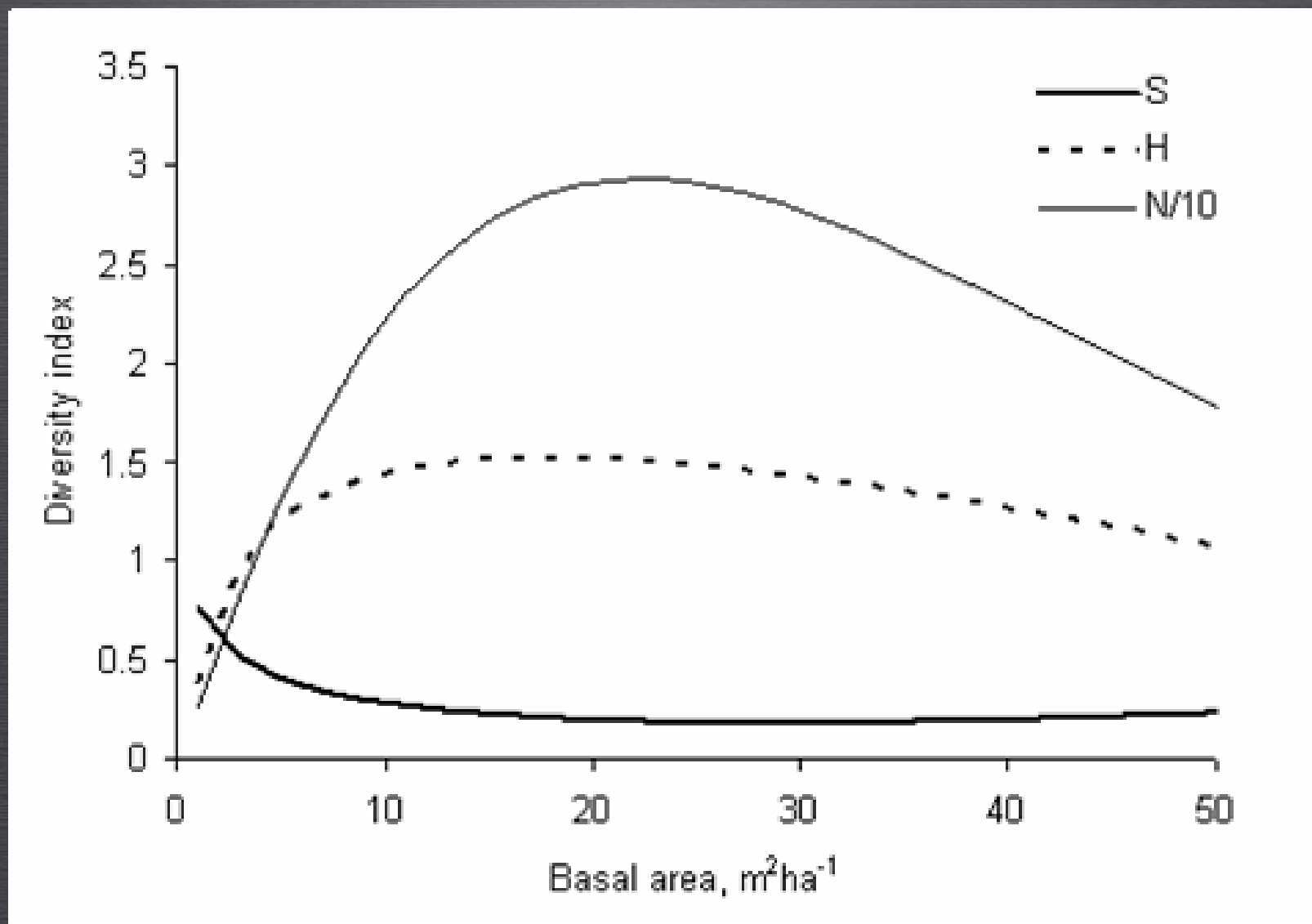


# Resultados (4)

Elevació 1240m, pendent 24%, Est



# Resultados (5)



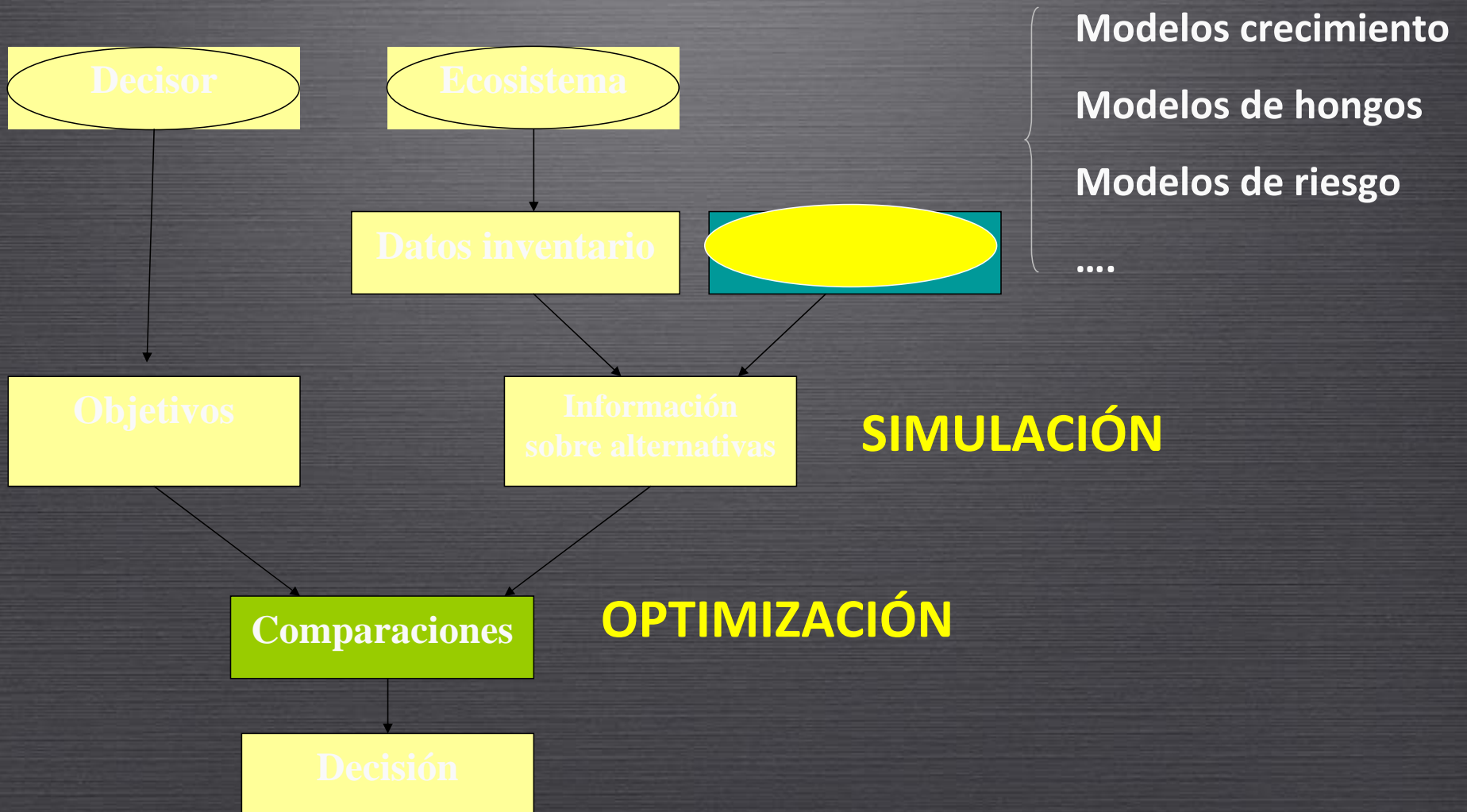


# Principales resultados

- Producciones son mayores cuando el área basimétrica es aproximadamente  $20 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .
- Una mayor altitud con orientaciones de umbría y bajas pendientes incrementan las producciones fúngicas totales, comestibles y comerciales.
- La variación anual de la producción se correlacionan con la precipitación de otoño.

# Planificación forestal

Herramientas científicas que permiten seleccionar la alternativa de gestión que maximiza los objetivos del centro decisor





# Nuestro objetivo...

**Gestionar eficientemente nuestros bosques para maximizar la producción de hongos. Para ello necesitamos información científica sobre la producción de hongos bajo diferentes opciones de gestión forestal así como diferentes variables asociadas a la estación y a la masa forestal**





# Modelos integrados en un simulador-optimizador

Un simulador permite simular el desarrollo de una masa forestal y su producción micológica en base a modelos de crecimiento forestal y los modelos de producción de setas

El sistema incluye una rutina de optimización numérica que permite optimizar variables de decisión (intensidad, periodicidad de claras y cortas finales) para maximizar una función objetivo

**Fórmula Hartman: Valor esperado del suelo (SEV)** derivado de la madera y los hongos comestibles

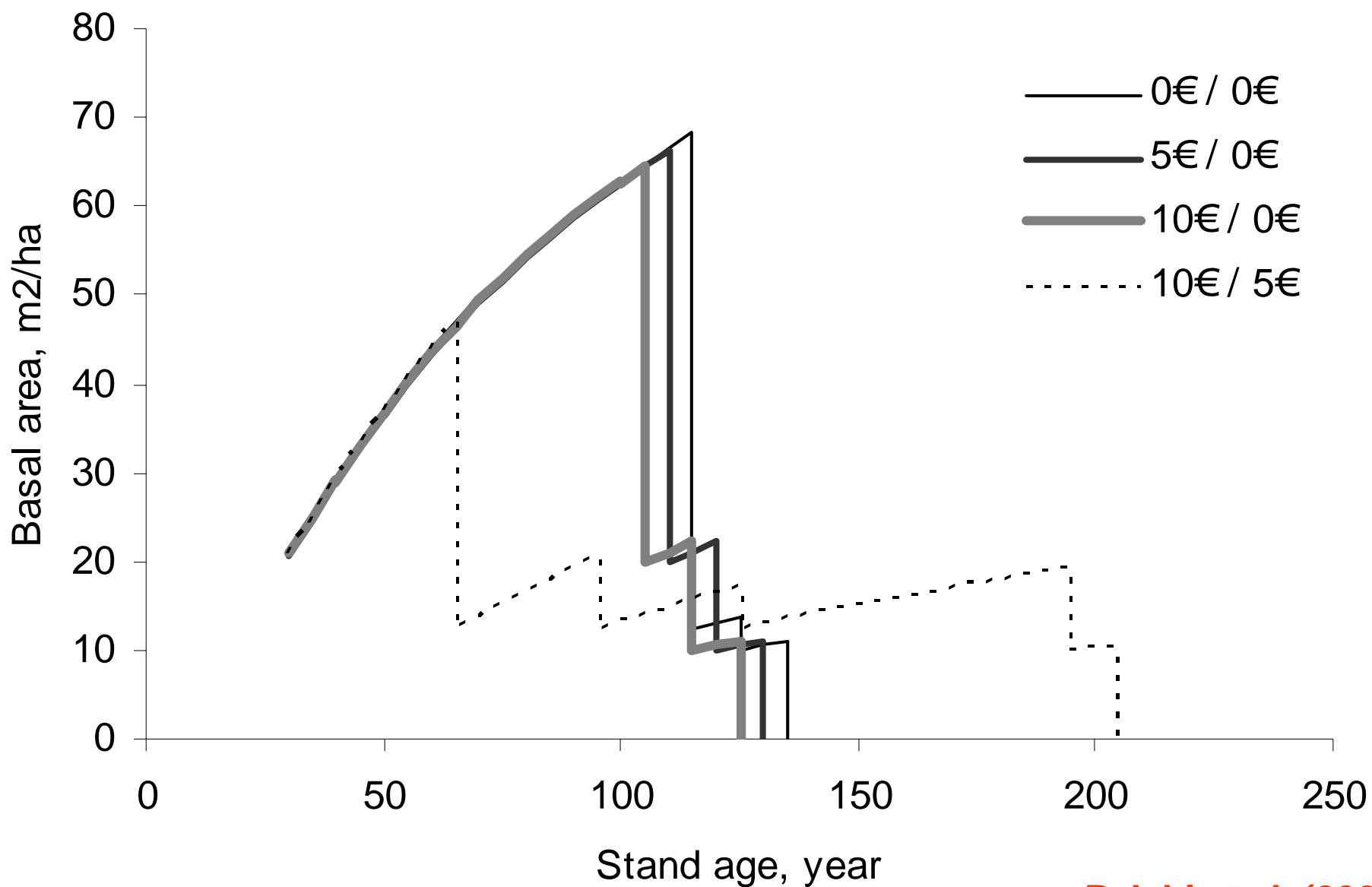
Asumiendo que se recoge 50% de las setas comestibles mercado

## Gestión selvícola óptima

<i>Pinus sylvestris</i> (1200m, Este)	Precio setas(ccial, noccial), €/kg		
	0/0	10/0	10/5
SEV, €/ha	432	3704	6461
SEV madera, €/ha	432	193	-267
SEV setas, €/ha	0	3511	6728
Turno, años	105	107	121
Producción madera, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	3.6	3.4	2.9
Producción setas, kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	5.6	6.9	7.7

Claros rentables dirigidas a la producción de setas

# Gestión selvícola óptima





# Resultados optimización

Los hongos silvestres generan más ingresos netos que la madera

En masas de *P. sylvestris* de buena calidad el SEV derivado de los hongos silvestres llega a ser 10 veces mayor que el derivado de la madera, en masas de calidad inferior es aún de 2–3 mayor.

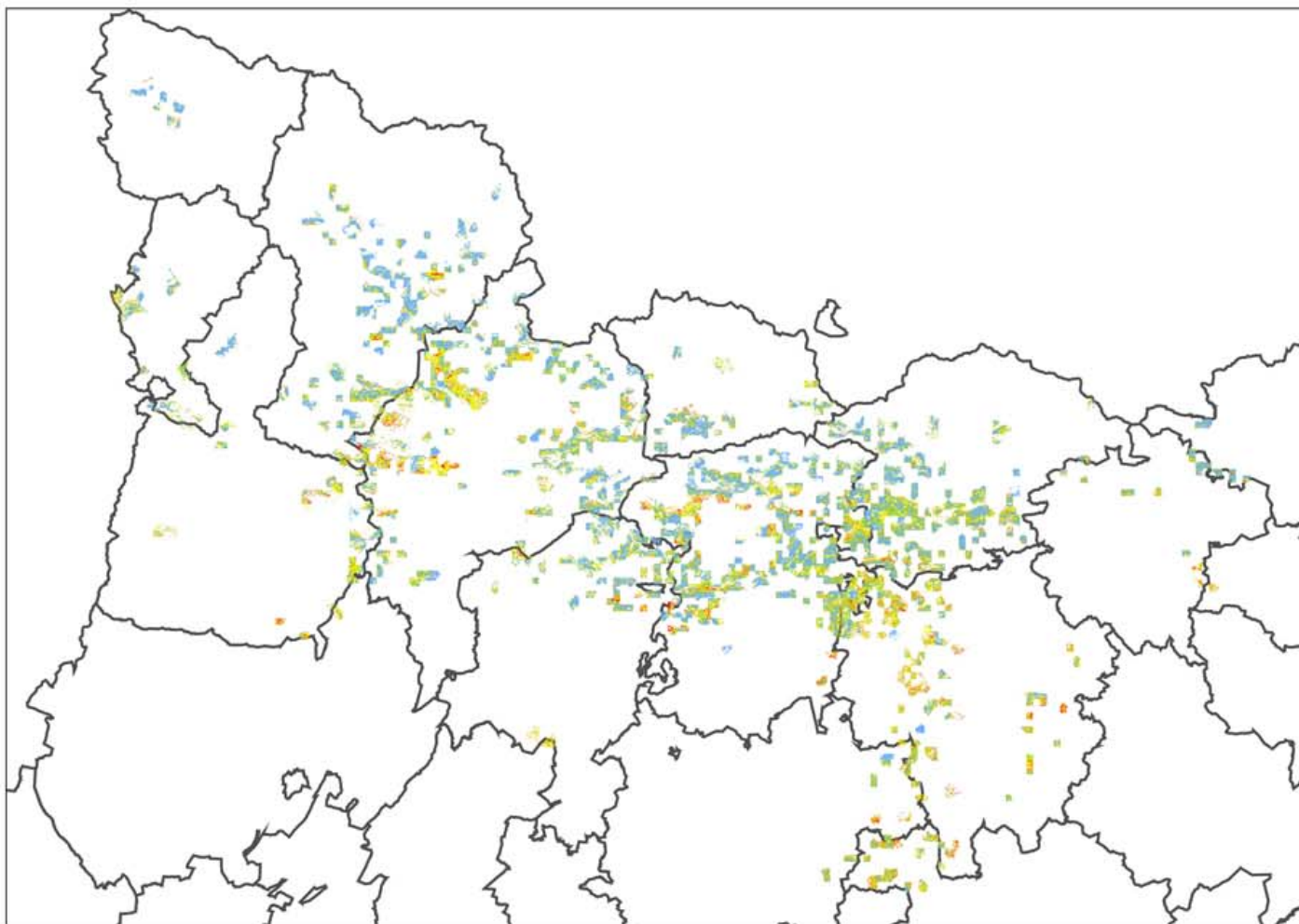
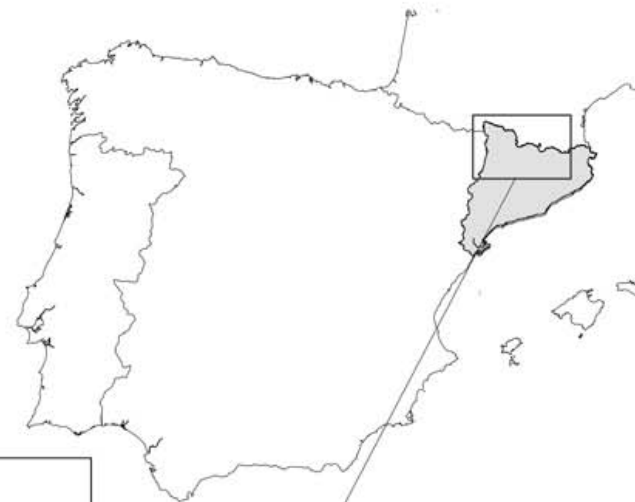
En masas de *P. nigra* incluir los ingresos derivados de los hongos haría esas masas rentables y financiaría las claras.

# Puntos a discutir

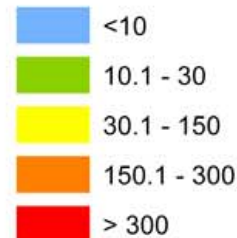
- **Máxima producción de hongos en masas que están en su pico de crecimiento**
- **Altitud, orientación y pendiente en los Prepirineos pueden reflejar la disponibilidad de agua y calidad del suelo, lo cual afecta directamente la producción de setas y el crecimiento de los árboles (e indirectamente la producción de setas)**
- **Masas naturales de *Pinus sylvestris* cercanas a su cierre de copas con crecimientos vigorosos y en elevadas altitudes, orientación norte y con poca pendiente parecen ser las de mayor producción de hongos silvestres en Cataluña**
- **Cuando los hongos silvestres se incluyen en el análisis económico (rentabilidad incrementa sustancialmente) de la gestión forestal, esta se orienta a la maximización de la producción de hongos y permite que las claras sean rentables**



Ejemplo de las posibilidades de representación cartográfica de la producción total de setas en pinares de *Pinus sylvestris* de Cataluña a partir de la modelización geoestadística y modelos establecidos



Producción de setas (Kg/ha)

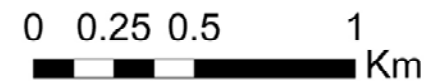
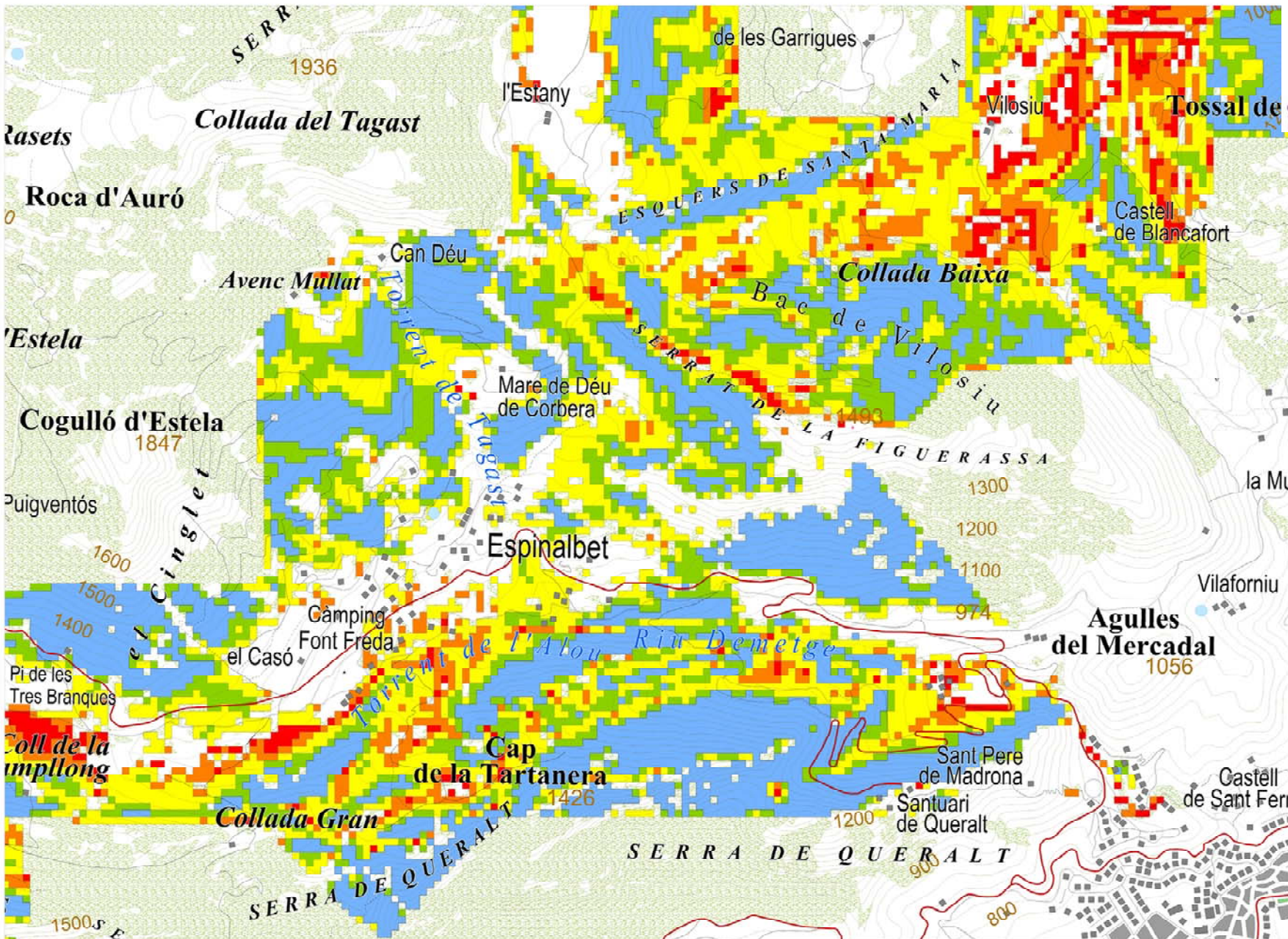


micosylva  
PROYECTO

SUDOE  
Interreg IV B









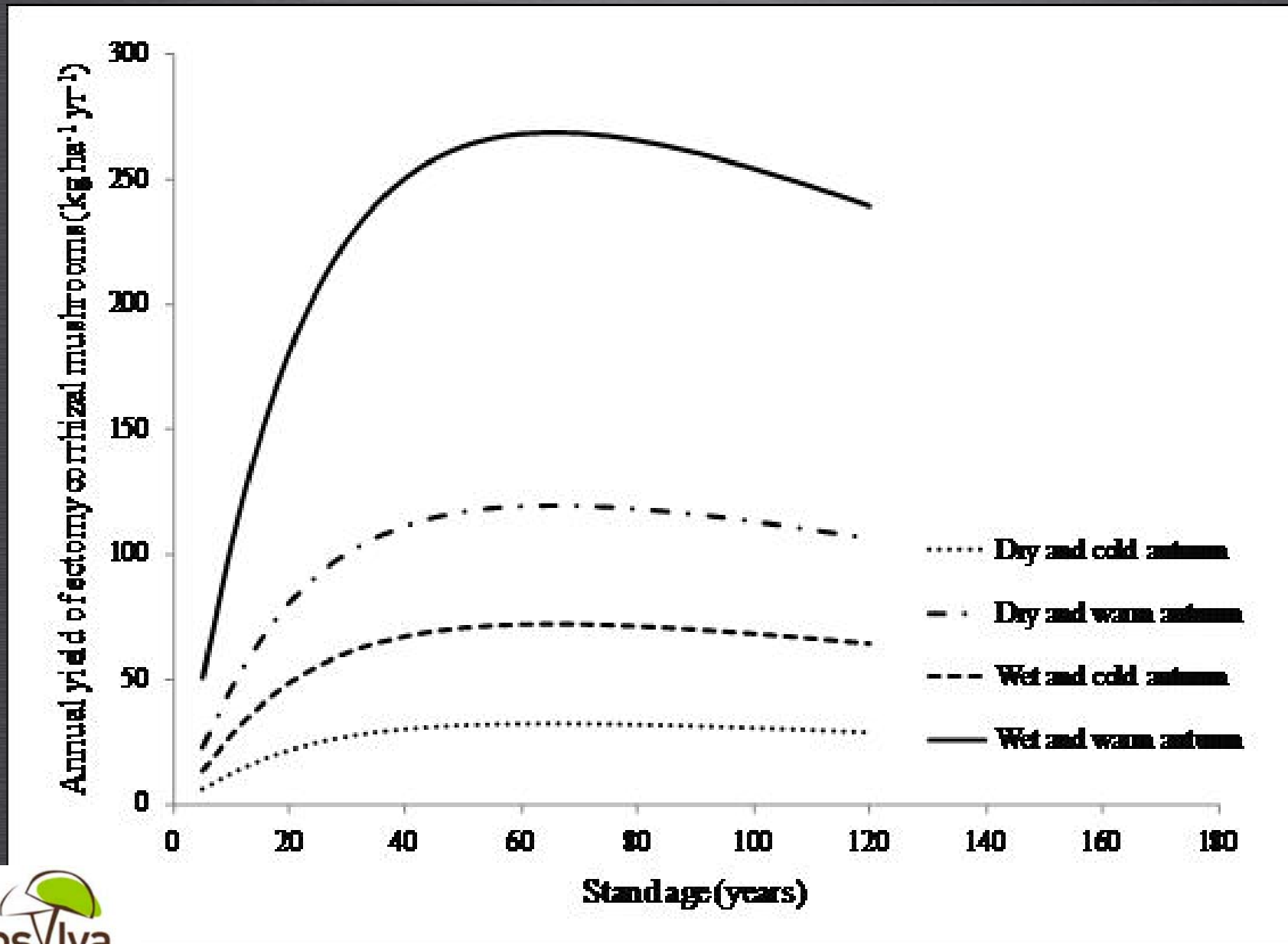
# CASO ESTUDIO 2: Pinar Grande (SORIA)

- 18 parcelas permanentes en masas de *Pinus sylvestris*
- Diferentes densidades, áreas basimétricas y edades
- Datos de suelos y clima disponibles
- Datos micológicos de productividad disponibles anualmente desde 1995
- Obtención de datos dasométricos de los árboles obtenidos en 2009

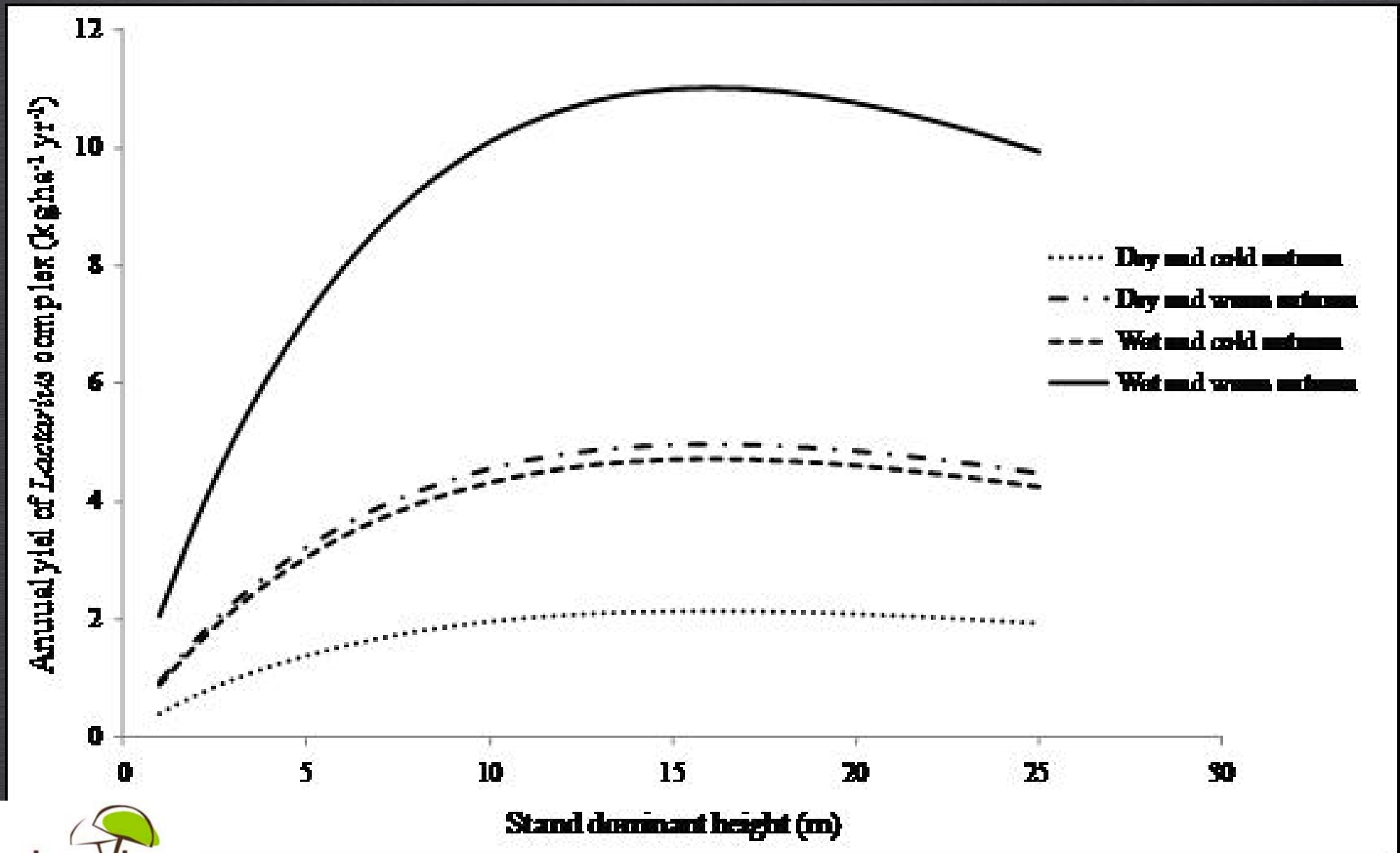
Con datos de clima, simulación de otoño seco y húmedo fijando la media de la precipitación interanual +/- 30%

Martinez Peña et al. (en preparación)

# CASO ESTUDIO 2: Pinar Grande (Soria)

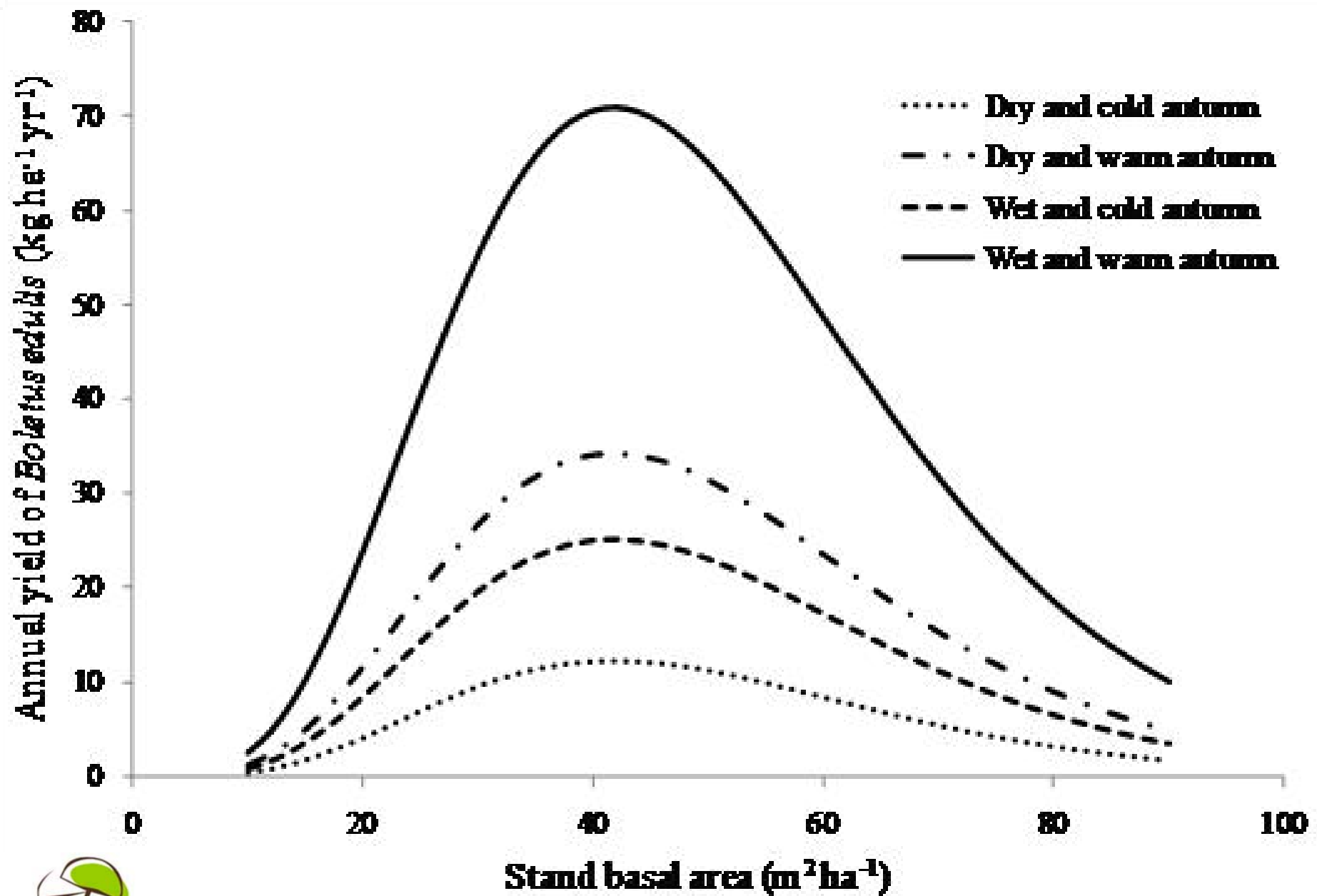


# CASO ESTUDIO 2: Pinar Grande (Soria)





# CASO ESTUDIO 2: Pinar Grande (Soria)



# Trabajos futuros...

---

- Incrementar las series de datos
- Caracterizar otras especies de árboles
- Masas regulares / Masas irregulares/Masas mixtas...
- Validación de los modelos productivos desarrollados



# ...Trabajos futuros

Integración en una única base de datos de todas las parcelas muestreadas por diferentes grupos de investigación.

RESEARCH GROUP	FOREST ECOSYSTEM	FOREST TIPOLOGY	LOCATION	YEARS OF INVENTORY	PERIOD OF INVENTORY	NUMBER OF INVENTORIED PLOTS
CTFC	<i>P. sylvestris</i>	Even-aged	Pyrenees, Prepyr, Central Catalonia	9	1997-2001 2007-2010	19
CTFC	<i>P. pinaster</i>	Even-aged	Tarragona-Prades	3	2008-2010	15 + 15
CTFC	<i>P. sylvestris-P.nigra</i>	Even-aged	Pyrenees, Prepyr, Central Catalonia	4	2007-2010	7
DIEF-Valonsadero	<i>P. sylvestris</i>	Even-aged	Pinar Grande, Soria	15	1995-2010	18
DIEF-Valonsadero	<i>P. pinaster</i>	Even-aged	Area of Almazán, Soria	13	1997-2010	21
Univ. Valladolid	<i>P. sylvestris</i>	Even-aged	High plateau Palencia	8	2003-2010	3
Univ. Valladolid	<i>P. pinaster</i>	Even-aged	High plateau Palencia	8	2003-2010	3
Univ. Valladolid	<i>P. pinaster</i>	Even-aged	High plateau Valladolid	5	2006-2010	3
Univ. Valladolid	<i>P. pinaster</i>	Even-aged	Sandy area of Valladolid	5	2006-2010	3

# Referencias relacionadas

- **MARTÍNEZ PEÑA, F.; ORTEGA-MARTÍNEZ, P.; PUKKALA, T.; DE MIGUEL, S.; BONET, J.A. & MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J. (in prep).** “Modelling mushroom yield in *Pinus sylvestris* forests in North-Central Spain”.
- **BONET, J.A.; PALAHÍ, M.; COLINAS, C.; PUKKALA, T.; FISCHER, C.R.; MIINA, J. & MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J. 2010.** “Modelling the production and species richness of wild mushrooms in pine forests of Central Pyrenees in north-eastern Spain”. Canadian Journal of Forest Research, 40: 1-10 (doi:10.1139/X09-198).
- **PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; BONET, J.A.; COLINAS, C.; FISCHER, C.R. & MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J. 2009.** Effect of the inclusion of mushroom values on the optimal management of even-aged pin stands of Catalonia. Forest Science, 55(6): 503-511.
- **BONET, J.A. PUKKALA, T.; FISCHER, C.R.; PALAHÍ, M.; MARTÍNEZ DE ARAGON, J. y 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 Sciences, 65: 1-8.
- **MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; BONET, J.A.; FISCHER, C.R. y 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., Ec. & Man, 252: 239-256.
- **BONET, J.A.; FISCHER, C.R. y COLINAS, C., 2004.** “The relationship between orientation and forest age on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the Central Pyrenees”. Forest, Ecology and Management, 203: 157-175.





**GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN**