

NOTA TÉCNICA

ELABORACIÓN DE MODELOS DE GESTIÓN PARA LAS MASAS DE PINO SILVESTRE DEL PIRINEO CATALÁN: USO DE MODELOS DE CRECIMIENTO E ÍNDICES DE COMPETENCIA

Mario Beltrán Barba*, Míriam Piqué Nicolau y Pau Vericat Grau

Área de Gestión Forestal Sostenible (AGS). Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC). Ctra. vella de Sant Llorenç de Morunys km. 2. 25280-SOLSONA (Lerida, España). Correo electrónico: *mario.beltran@ctfc.es

Resumen

Se han elaborado modelos de gestión para los diferentes escenarios resultantes de la combinación de la calidad de estación, el riesgo de incendio, estructura de la masa y objetivo productivo. Los modelos de gestión para masas regulares han sido elaborados mediante la simulación con modelos de crecimiento del desarrollo de la masa desde su establecimiento y siguiendo una propuesta inicial de intervenciones a lo largo del turno. Los modelos para masas irregulares se han desarrollado a partir de la construcción de una distribución de referencia y una rotación basándose en índices de competencia. En ambos casos se ha seguido un proceso iterativo en el que las propuestas iniciales han sido evaluadas selvícola y económicamente. Finalmente, las propuestas se han discutido en grupos de expertos para elaborar los modelos de gestión definitivos. Los modelos de crecimiento y producción ofrecen información de interés para los gestores y son una base muy útil para la elaboración de modelos selvícolas que cubran diferentes escenarios de gestión.

Palabras clave: *Pinus sylvestris*, Orientaciones de gestión, Gestión regular, Gestión irregular, Selvicultura, Planificación forestal

INTRODUCCIÓN

Las masas de pino silvestre del Pirineo catalán han sido ampliamente estudiadas en cuanto a su crecimiento y producción, habiéndose desarrollado diferentes aproximaciones desde el ámbito de la modelización forestal, como son las tablas de producción (GARCÍA Y TELLA, 1986), los modelos de calidad de estación (PALAHÍ et al., 2004) y los modelos de crecimiento a nivel de masa, individual e incluso en masa mixta (PALAHÍ et al., 2002;

PALAHÍ et al., 2003; TRASOBARES et al., 2004). Los modelos de producción a nivel de masa y sobre todo los de árbol individual son modelos dinámicos de gran flexibilidad para simular la evolución de las masas en escenarios de gestión muy diversos (VON GADOW et al., 2007).

En conjunto, los modelos de crecimiento y producción proporcionan información de interés para los gestores y planificadores forestales. No obstante, no son siempre directamente aplicables a la gestión forestal, y necesitan de otras

fuentes de información para poder generar diferentes escenarios de gestión y modelos selvícolas a partir de ellos.

La calidad de estación está directamente ligada al crecimiento de las masas (productividad), y su estimación es uno de los factores clave para la gestión forestal (ORTEGA Y MONTERO, 1988), pues determina el desarrollo de la masa y condiciona los objetivos de gestión. Por otro lado, en el contexto mediterráneo la integración del riesgo de incendio también debe tenerse en cuenta, y factores ligados al tipo y régimen de fuego de la zona donde se sitúa el rodal (PIQUÉ et al., 2011b) condicionarán las intervenciones silvícolas a realizar.

Así pues, con el objetivo de ofrecer orientaciones de referencia para la gestión del *Pinus sylvestris* L. del Pirineo catalán, partiendo de la información de modelización forestal y otras fuentes, se desarrollan distintos modelos de gestión ajustados a una amplia gama de escenarios. Para definir los escenarios se consideran diferentes clases de calidad de estación y de riesgo de incendio, así como diferentes objetivos productivos (tipo de producto y turno) a conseguir con estructuras de masa regular o irregular.

METODOLOGÍA

Calidad de estación y productividad

Mediante variables ecológicas y fisiográficas de fácil estimación en campo, se han definido tres clases de calidad de estación (PIQUÉ et al., 2011c), aproximando para cada clase unos valores orientativos de índice de sitio (altura dominante, H_0 , a los 100 años) y de productividad ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$) (Tabla 1). Estos valores se obtuvieron partir de los datos de edad y altura dominante del Inventario Ecológico y Forestal de Cataluña (GRACIA, 2004) y del Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1994; DG CN, 2005), con los que se asignó un valor de

índice de sitio a cada parcela mediante el modelo de índice de sitio de PALAHÍ et al. (2004), utilizando parcelas regulares no defectivas. Después, se establecieron tres percentiles para clasificar las parcelas en tres clases de calidad y se calculó el valor medio de índice de sitio de cada clase y un valor medio de crecimiento. Para validar estos datos se utilizaron los valores de índice de sitio para calcular una productividad media mediante el modelo de producción a nivel de masa de PALAHÍ et al. (2002). También se han usado como referencia y validación las curvas de calidad de estación y tablas de producción publicadas para la especie (MONTERO et al., 2008).

Clases de riesgo de incendios

Se han considerado dos clases de riesgo de incendio (alto y bajo) en base al mapa de riesgo de incendio tipo de Catalunya (PIQUÉ et al., 2011b). Este mapa describe las zonas más vulnerables a los grandes incendios forestales (GIF) o con mayor riesgo de sufrir un GIF. Sirve de referencia para identificar las zonas más prioritarias para gestionar desde la perspectiva de la prevención de incendios y, por tanto, fijar como objetivo preferente la gestión para la prevención de GIFs.

Masas regulares

Para cada escenario de gestión, se ha elaborado una propuesta inicial con un número y tipo de intervenciones a realizar desde la regeneración hasta la corta final. Esta propuesta define cada momento de intervención tomando como referencia la altura dominante (H_0) y densidad (N). Cada tratamiento de esta primera propuesta se ha evaluado mediante la simulación de la evolución dasométrica mediante el modelo de producción a nivel de masa de PALAHÍ et al. (2002). Así, a partir del sistema de ecuaciones disponible, la simulación dasométrica ha consistido en:

- Predecir, según la H_0 y la N propuestas en el momento de intervención, la edad de la

Clase de calidad de estación	Índice de sitio H_0 (m) a los 100 años	Producción ($m^3/ha \cdot año$)
Alta	> 22	> 7
Media	15 - 22	3,5 - 7
Baja	< 15	< 3,5

Tabla 1. Valores de índices de sitio y crecimientos medios orientativos por clases de calidad

masa, el área basimétrica (AB), el diámetro medio cuadrático (Dg), el volumen con corteza (VCC) y los índices de competencia de densidad de masa (SDI) y Hart-Becking (S).

- Proyectar para el siguiente momento de intervención todas las variables citadas a partir del estado de la masa resultante de la aplicación de la intervención anterior.

La predicción resultante de cada intervención y del ciclo completo se ha evaluado selvícilmente mediante los índices SDI y S, las variables de masa de N, Dg, VCC y fracción de cabida cubierta (Fcc) y los indicadores económicos de valor actual neto (VAN) y valor esperado del suelo (VES). Además, se analiza la densidad y la altura dominante propuestas, con ayuda del modelo de mortalidad natural de PALAHÍ *et al.* (2003), como parámetro de control. A continuación se ha iniciado un proceso iterativo en el que se ha modificado la propuesta inicial de intervenciones hasta conseguir un resultado adecuado tanto selvícilmente (garantizar la estabilidad y asegurar un ritmo de crecimiento continuado y de acuerdo con el potencial de la estación) como económicamente (lo más rentable posible), que constituye el modelo selvícola definitivo.

Para la propuesta inicial de actuaciones y la posterior validación de las alternativas generadas, se han tenido en cuenta otras herramientas de cuantificación de la producción, información de planes dasocráticos, conocimiento experto y bibliografía de gestión y silvicultura de la especie (DEL RÍO, 1999; VALKONEN, 2000; PALAHÍ & PUKKALA, 2003; BRAVO & DÍAZ-BALTEIRO, 2004; GONZÁLEZ-OLABARRIA *et al.*, 2005; GONZÁLEZ, 2006; MONTERO *et al.*, 2008).

Para los escenarios de alto riesgo de incendio, la propuesta de intervenciones se centra en asegurar determinados recubrimientos y discontinuidades verticales entre los diferentes estratos de combustible (superficie, escala y copas) con el objetivo de dificultar el desarrollo de fuegos de copa activos (PIQUÉ *et al.*, 2011b).

Las propuestas resultantes de este proceso han sido evaluadas por un grupo de expertos en la gestión de las masas de pino silvestre. Después de este proceso de discusión con expertos se han seleccionado los modelos de gestión finalmente propuestos para masas regulares.

Masas irregulares

Para cada escenario de gestión, se ha elaborado una distribución de referencia (pies·h⁻¹ a por CD), basándose en el control de la ocupación o del espacio de crecimiento (O'HARA & GERSONDE, 2004). Esta metodología se considera más apropiada que los métodos clásicos basados en la relación entre clases diamétricas (*q* de Liocourt) para el caso del pino silvestre, por ser esta especie poco tolerante a la sombra, especialmente en fases adultas.

De entre los parámetros disponibles para evaluar la ocupación y la competencia de la masa, para establecer la distribución de referencia se ha utilizado el índice de densidad de masa (SDI), originariamente desarrollado por REINEKE (1933), puesto que es bastante independiente de la calidad de estación (WILLIAMS, 2003; PRETZSCH & BIBER, 2005; SHAW, 2006; WEISKITTEL *et al.*, 2009). Así, se propone una ocupación de la masa en conjunto teniendo en cuenta el nivel máximo de SDI (REINEKE, 1933; LONG, 1985; DEL RÍO *et al.*, 2001), según el desarrollo de la masa y grado de competencia. Las clases diamétricas se han clasificado por grupos de tamaño: pequeño (CD10-15), mediano (CD20-30) y grande (CD ≥35); según la función que cumplen dentro de la masa (GONZÁLEZ, 2005; DEMANGEAT, 2007). Así, el SDI global de la masa se distribuye entre los tres grupos de tamaño, que se traduce en la densidad de cada clase diamétrica (SHEPPERD, 2007).

Una vez se disponía de la propuesta de distribución de referencia se ha realizado una predicción de la evolución dasométrica basándose en la estimación del tiempo necesario para el cambio de CD, según datos de inventario (IFN, ordenaciones) y determinado el momento de intervención (rotación) tratando de maximizar el volumen a extraer sin comprometer la estructura irregular, persistencia y estabilidad de la masa, según los niveles de ocupación, evitando que se supere el 60% del SDI_{max} (LONG, 1985).

Esta predicción se ha evaluado selvícilmente mediante índices de competencia (SDI), variables de masa (N, VCC, Fcc) e indicadores económicos (VAN, VES). Al igual que en el caso de los modelos de masa regular, la elaboración definitiva de las orientaciones de gestión ha

sido un proceso iterativo en el que se ha modificado la propuesta inicial de distribución y rotación hasta conseguir un resultado adecuado selvícola y económicamente.

Para los escenarios que consideran un alto riesgo de incendio se propone únicamente una gestión regular, puesto que una estructura irregular, debido a la posible continuidad vertical entre los estratos, se considera vulnerable a generar fuegos de copa activos, que son precisamente los que se quieren evitar.

Las propuestas resultantes de este proceso han sido evaluadas por un grupo de expertos en la gestión de las masas de pino silvestre. Así, al igual que en el caso de masas regulares, después de este proceso de discusión con expertos se han seleccionado los modelos de gestión finalmente propuestos para masas irregulares.

La Figura 1 muestra esquemáticamente el proceso de elaboración de los modelos de gestión, tanto para masas regulares como irregulares de pino silvestre.

RESULTADOS

Se ha elaborado una gama de 16 modelos de gestión, que han de servir de orientación para diversas situaciones, en función de la calidad de estación, del riesgo de incendio, de la estructura de masa y del objetivo productivo. El conjunto de modelos de gestión desarrollados para las masas de pino silvestre se presentan en forma de un manual dirigido a los gestores y planificadores forestales (PIQUÉ et al., 2011a). Estos modelos incluyen una descripción cuantitativa de la evolución de la masa o tabla de selvicultura a la carta (en el caso de las masas regulares) y una explicación de los diferentes tratamientos que deben ejecutarse en las diferentes fases de desarrollo de la masa, incluidas las cortas de regeneración, así como aspectos sobre buenas prácticas en la aplicación de los modelos de gestión.

La Figura 2 muestra la evolución del área basimétrica según se propone en los diferentes

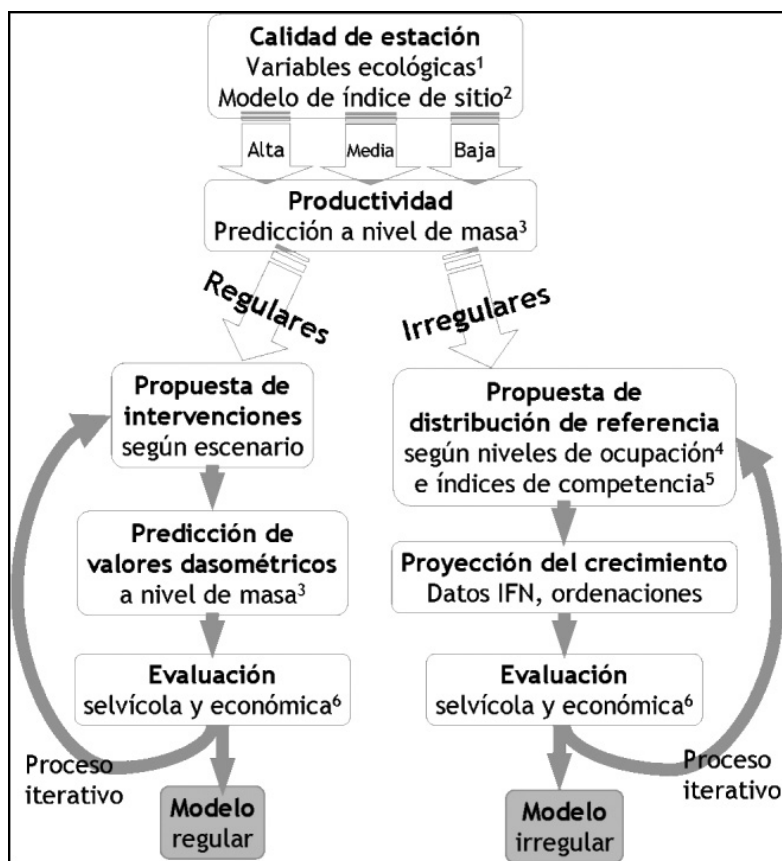


Figura 1. Esquema metodológico de la elaboración de los modelos de gestión. 1: PIQUÉ et al. (2011C) ; 2: PALAHÍ et al. (2004); 3: PALAHÍ et al. (2002); 4: LONG (1985); 5: REINEKE (1933), DEL RÍO et al. (2001); 6: ROSE et al. (1988)

modelos de gestión elaborados para las masas regulares de la clase de calidad alta. Los valores son orientativos y especialmente dependientes del tipo de intervenciones planteadas. Así por ejemplo, las claras selectivas aportan cierta imprecisión a las variables agregadas para toda la masa, como D_g , AB o VCC. La Figura 3 muestra un ejemplo de los parámetros cuantita-

tivos que ofrecen los modelos para masas regulares e irregulares.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El uso conjunto de modelos de crecimiento y producción previamente desarrollados e índices

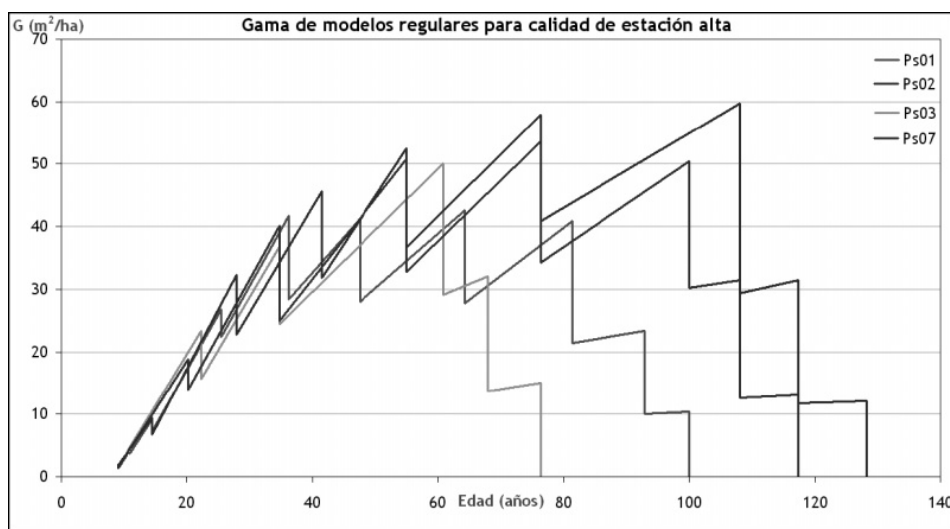


Figura 2. Evolución del área basimétrica de los diferentes modelos de gestión elaborados para las masas regulares de calidad de estación alta

Parámetros del Modelo											MODELO Ps01	
H_0 (m)	N (pies/ha)	D_g (cm)	AB (m²/ha)	VCC (m³/ha)	Edad (años)	Tratamiento	N_e (pies/ha)	C/AF	VCCe (m³/ha)	ABe (%)		
6	>4000	6	-	-	13-16	Clareo selectivo con radio mínimo 1m	>1900	-	-	-		
11,5	2100	13	27	141	23-28	Clara selectiva y poda	700	2	-	15		
15,5	1400	20	42	294	32-40	Clara selectiva y poda	700	2	94	31		
18,5	700	28	42	346	42-53	Clara selectiva mixta	350	1,75	110	31		
21,5	350	40	43	421	57-71	Clara selectiva mixta	150	0,75	146	33		
23,5	200		41	449	72-90	Corta preparatoria	95		213	46		
24,5	105	-50	24	256	83-103	Corta diseminatoria	60		146	54		
25	45		11	111	89-111	Corta final	45		111	100		

Parámetros generales de control						MODELO Ps04				
Grupo de tamaño	CD	Referencia			Antes de intervención			A extraer		
		N	AB	%AB	N	AB	%AB	N	AB	%AB
Pequeño	10-15	554	6	27%	768	9	26%	214	3	24%
Mediano	20-30	151	7	31%	283	12	33%	132	5	38%
Grande	≥35	64	10	42%	95	14	41%	31	5	38%

Figura 3. Imágenes del manual donde se muestran los parámetros cuantitativos de un modelo de gestión regular (arriba) y de uno irregular (abajo)

de competencia ha facilitado la elaboración de orientaciones de gestión para las masas de pino silvestre del Pirineo catalán que se juzgan realistas y aplicables. En concreto, estos modelos e índices han permitido evaluar el comportamiento selvícola y realizar un análisis económico de múltiples variantes de modelos selvícolas (tipo de tratamientos, momento y peso de las intervenciones) para cada escenario.

Así, ha sido posible desarrollar un amplio abanico de modelos de gestión (16 en total, 11 para masas regulares y 5 para masas irregulares), que constituyen la base de unas orientaciones de gestión para las masas de pino silvestre aplicables en una gran variedad de situaciones. Se han tenido en cuenta tres clases de calidad de estación, dos clases de riesgo de incendio, estructura tanto regular como irregular, y además la posibilidad de fijar diferentes objetivos productivos. Con esta variedad de modelos de gestión se dispone de mucha más información, y se permite realizar una gestión más precisa en comparación a una gestión estándar generalizada o basada en modelos únicos, que simplifican en exceso los escenarios de gestión y resultan en una reducción de la potencialidad de las masas gestionadas.

Por otra parte, es sabido que los modelos de gestión son aproximaciones teóricas al desarrollo futuro de la masa con una propuesta de intervenciones que no ha de seguirse al pie de la letra, especialmente en cuanto a la cuantificación de la producción. No obstante, los modelos de gestión elaborados ofrecen una gran robustez por la metodología empleada en su construcción, ya que integra el uso de datos de inventario que reflejan la situación real de los bosques, la aplicación de los resultados de una modelización forestal previamente desarrollada, el uso de índices de competencia (que fundamentan una metodología completa en el caso de las masas irregulares) que tienen en cuenta el temperamento de la especie, la evaluación tanto selvícola como económica de varias alternativas y por último la incorporación de información procedente de la experiencia de gestión de las masas de pino silvestre del Pirineo catalán.

Con todo, durante el proceso de elaboración de las orientaciones de gestión se ha puesto de manifiesto que, además de las herramientas procedentes de la modelización forestal, es necesario incorporar información adicional basada en la

experiencia para establecer de forma definitiva cualquier modelo de gestión. Los procesos de discusión con grupos de expertos en la gestión forestal del pino silvestre han sido imprescindibles para obtener el resultado final, al permitir interpretar los resultados de las simulaciones y modificar o clarificar las propuestas de intervenciones para cada escenario de gestión considerado.

Agradecimientos

Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAVO, F. & DÍAZ-BALTEIRO, L.; 2004. Evaluation of new silvicultural alternatives for Scots pine stands in northern Spain. *Ann. For. Sci.* 61(2): 163-169.
- DEMANGEAT, P.; 2007. *Elaboration d'un outil de description des peuplements forestiers de Pins à crochets*. Rapport de stage (Tome 3): 52. Office National des Forêts - Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Paris.
- DGCN; 2005. *Tercer Inventario Forestal Nacional (1997-2007): Catalunya*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- VON GADOW, K.; SÁNCHEZ, S. Y ÁLVAREZ, J.G.; 2007. *Estructura y crecimiento del bosque*. Unicopia. Lugo.
- GARCÍA, J.L. Y TELLA, G.; 1986. *Tablas de producción de densidad variable para Pinus sylvestris L. en el Sistema Pirenaico*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- GONZÁLEZ-OLABARRIA, J.R.; PUKKALA, T. & PALAHÍ, M.; 2005. Optimising the management of Pinus sylvestris L. stand under risk of fire in Catalonia (north-east of Spain). *Ann. For. Sci.* 62(6): 493-501.
- GONZÁLEZ, J.M.; 2005. *Introducción a la Silvicultura General*. Universidad de León. León.
- GONZÁLEZ, J.M.; 2006. *Manual de Gestión de los hábitats de pino silvestre en Castilla y León*. Junta de Castilla y León. Valladolid.

- GRACIA, C. (ed.) 2004. *Catalunya. Inventari ecològic i forestal de Catalunya*. (10). Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Barcelona.
- ICONA; 1994. Segundo *Inventario Forestal Nacional (1986-1995): Catalunya*. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- LONG, J.N.; 1985. A practical approach to density management. *For. Chron.* 61: 23-27.
- MONTERO, G.; DEL RÍO, M.; ROIG, S. Y ROJO, A.; 2008. Selvicultura de *Pinus sylvestris* L. En: R. Serrada, G. Montero, G. y J.A. Reque (eds.), *Compendio de selvicultura aplicada en España*: 503-534. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- O'HARA, K.L. & GERSONDE, R.F.; 2004. Stocking control concepts in uneven-aged silviculture. *Forestry (Oxford)* 77(2): 131-143.
- ORTEGA, A. Y MONTERO, G.; 1988. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revisión bibliográfica. *Ecología* 2: 155-184.
- PALAHÍ, M.; MIINA, J.; TOMÉ, M. & MONTERO, G.; 2002. Stand-level yield model for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. *Inv. Agraria; Sist. Rec. For.* 11(2): 409-424.
- PALAHÍ, M. & PUKKALA, T.; 2003. Optimising the management of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Spain based on individual-tree models. *Ann. For. Sci.* 60(2): 105-114.
- PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; MIINA, J. & MONTERO, G.; 2003. Individual-tree growth and mortality models for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. *Ann. For. Sci.* 60 (1), 1-10.
- PALAHÍ, M.; TOMÉ, M.; PUKKALA, T.; TRASOBARES, A. & MONTERO, G.; 2004. Site index model for *Pinus sylvestris* in north-east Spain. *Forest Ecol. Manage.* 187(1): 35-47.
- PIQUÉ, M.; BELTRÁN, M.; VERICAT, P.; CERVERA, T.; FARRIOL, R. I BAIGES, T.; 2011a. *Models de gestió per als boscos de pi roig (Pinus sylvestris L.): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- PIQUÉ, M.; CASTELLNOU, M.; VALOR, T.; PAGÉS, J.; LARRAÑAGA, A.; MIRALLES, M. I CERVERA, T.; 2011b. *Integració del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades*. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- PIQUÉ, M.; VERICAT, P.; CERVERA, T.; BAIGES, T. I FARRIOL, R.; 2011c. *Tipologies forestals arbrades*. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- PRETZSCH, H. & BIBER, P.; 2005. A re-evaluation of Reineke's rule and stand density index. *For. Sci.* 51(4): 304-320.
- REINEKE, L.H.; 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged stands. *J. Agric. Res.* 46: 627-638.
- DEL RÍO, M.; 1999. *Régimen de Claras y modelo de producción para Pinus sylvestris L. en los Sistemas Central e Ibérico*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- DEL RÍO, M.; MONTERO, G. & BRAVO, F.; 2001. Analysis of diameter-density relationships and self-thinning in non-thinned even-aged Scots pine stands. *Forest Ecol. Manage.* 142(1-3): 79-87.
- ROSE, D.W.; BLINN, C.R. & BRAND, G.J.; 1988. *A guide to forestry investment analysis*. Research Paper (NC-284): 23. USDA Forest Service. St. Paul.
- SHAW, J.D.; 2006. Reineke's Stand Density Index: Where are we and where do we go from here? In: *Society of American Foresters 2005 National Convention*. (CD). Society of American Foresters, Fort Worth. Texas.
- SHEPPERD, W.D.; 2007. SDI-Flex: a new technique of allocating growing stock for developing treatment prescriptions in uneven-aged

- forest stands. In: R.F. Powers (ed.), *Restoring fire-adapted ecosystems: proceedings of the 2005 national silviculture workshop*: 171-180. (GTR-PSW-203). USDA Forest Service. Ft. Collins, CO.
- TRASOBARES, A.; PUKKALA, T. & MIINA, J.; 2004. Growth and yield model for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. in Catalonia, north-east Spain. *Ann. For. Sci.* 61(1): 9-24.
- VALKONEN, S.; 2000. Effects of retained Scots pine trees on regeneration, growth, form and yield of forest stands. *Inv. Agraria; Sist. Rec. For.* Fuera de Serie (1): 121-145.
- VERICAT, P.; PIQUÉ, M. Y TRASOBARES, A.; 2009. Tipificación de la calidad de estación en base a variables ecológicas para el pino silvestre en Catalunya. En: S.E.C.F.-Junta de Castilla-León (eds.), *Actas 5º Congreso Forestal Español*: 5CFE01-051: 2-14. Sociedad Española de Ciencias. Pontevedra.
- WEISKITTEL, A.; GOULD, P. & TEMESGEN, H.; 2009. Sources of variation in the self-thinning boundary line for three species with varying levels of shade tolerance. *For. Sci.* 55(1): 84-93.
- WILLIAMS, R.A.; 2003. Use of stand density index as an alternative to stocking percent in upland hardwoods. *North. J. Appl. For.* 20(3): 137-142.