

ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA SELVICULTURA EN ESPAÑA

Roque Julio Rodríguez Soalleiro

Unidad de Gestión Forestal Sostenible, Departamento de Producción vegetal, Universidad de Santiago. Campus Universitario, 27002-LUGO (España). Correo electrónico: roque.rodriguez@usc.es

Resumen

Se realiza en la ponencia una revisión de la situación actual del desarrollo y aplicación de técnicas silvícolas en España, referida tanto al ámbito estrictamente de producción maderera en plantaciones o masas de crecimiento rápido como al de la selvicultura multifuncional, con énfasis en la conservación de biodiversidad, protección del suelo, protección en áreas de montaña o selvicultura orientada al paisaje y actividad recreativa. Se indican los tratamientos acometidos sobre repoblaciones forestales y en particular los orientados a su naturalización. Se analizan los retos futuros de la selvicultura española, como el proceso de falta de gestión, la potenciación del uso de la madera en construcción y otros destinos de la madera sólida, las posibilidades de aprovechamiento energético de la biomasa forestal o los retos de adaptación y mitigación del cambio climático mediante la selvicultura. Se indican algunas líneas de investigación aplicada que no se han desarrollado lo suficiente. Se concluye la necesidad de incorporar de forma clara los requerimientos sobre servicios indirectos del monte en la selvicultura intensiva y la definición de tratamientos que optimicen la prestación de servicios de recreo y protección en la selvicultura multifuncional.

Palabras clave: *Dasonomía, Producción forestal, Plantaciones, Gestión forestal*

INTRODUCCIÓN

Indicaba el Dr. J.M. Gandullo que la selvicultura, como tecnología forestal esencial, necesita como ciencia auxiliar de la ecología. Ecología y economía son considerados los dos pilares básicos a los que la selvicultura debe adaptarse en la bibliografía francesa. Si a ello añadimos los necesarios conocimientos sobre mecanización forestal, requerimientos tecnológicos de la industria, problemas sanitarios, genética y mejora o la propia diversidad arbórea que existe en nuestro país en comparación con nuestros vecinos nortños, se comprende la dificultad de pretender abordar en profundidad el estado actual de los tratamientos sobre masas

arboladas en España, eximiéndonos además de ello la reciente publicación de un compendio de selvicultura aplicada.

La selvicultura posibilita la obtención de bienes y servicios de los montes a partir de su tratamiento. Los primeros son particularmente diversos en los montes españoles, desde maderas (13.530.000 m³ producidos en 2006), leñas (1.189.000 t), corcho (61.500 t), bellota (13.000 t), piñón (10.400 t), setas (590.600 t), trufas (3.860 t), castaña (59.000 t) o resina (1.700 t), entre muchos otros. (Anuario de Estadísticas Forestales 2006, <http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/>). El producto principal derivado de la actividad silvícola es la madera. La producción española se concentra, tal como

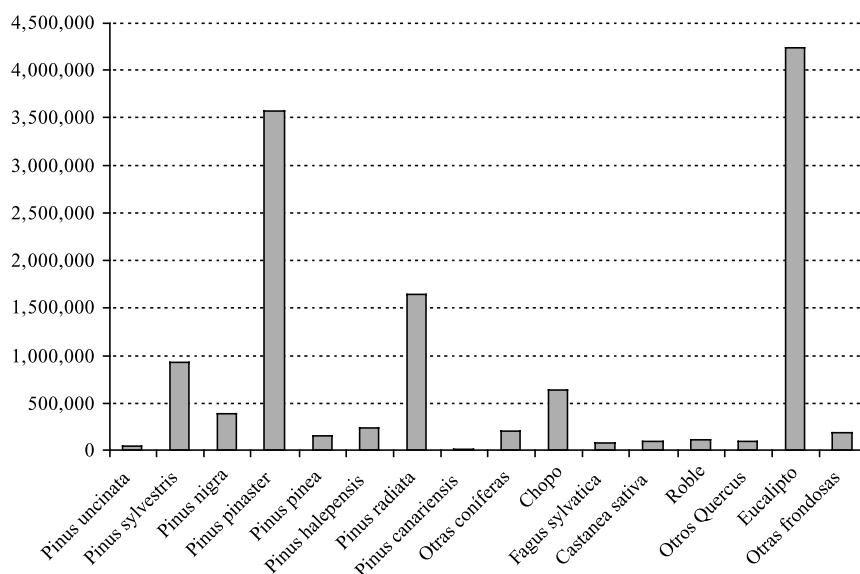


Figura 1. Producción anual de madera por especie en España. Se indican valores medios para el periodo 2003-2006. Fuente: Anuario de estadísticas forestales

indica la figura 1, en algunas especies de crecimiento rápido, características de una silvicultura intensiva, entre las que se encuentran el pino radiata, los eucaliptos (*Eucalyptus globulus*, *camaldulensis*, *nitens* u *obliqua*), la variedad atlántica de *Pinus pinaster* o los chopos híbridos. La superficie cubierta por estas especies representa tan solo el 11,4% del total arbolado en España (16.882.000 ha), pero contribuyen al 71,6% del total de madera producido.

La silvicultura se aplica en España a través de las Administraciones forestales y de los propietarios particulares. Correspondería la primera a la gestión pública, que afecta tanto a montes públicos como a montes vecinales en mano común sujetos a un convenio o contrato de gestión con la Administración. La gestión privada se realiza en montes particulares en régimen de propiedad individual o colectiva, incluyéndose en este caso los patrimonios forestales de empresas madereras.

Si el régimen de gestión y de propiedad ya afecta a la asignación de uso preferente de los montes, son las condiciones estacionales y las especies arbóreas las que de forma todavía más importante determinan el tipo de silvicultura aplicado. Puede distinguirse en este sentido, siguiendo a SCHÜTZ (1990), una silvicultura monofuncional de otra multifuncional, aunque en su aplicación a España se reconoce que la pri-

mera aporta no exclusivamente bienes directos, normalmente madereros, sino también bienes y servicios medioambientales (<http://www.waldbau.uni-freiburg.de/bilbao.html>).

Pero es la propia distribución superficial antes señalada la que indica que la prestación de servicios es, aunque resulta difícil su valoración económica (el Plan Forestal Español señala cifras similares a las correspondientes a producción maderera para las funciones protectora y de conservación), el objetivo principal de la gestión de los sistemas forestales, lo que es característico de una silvicultura multifuncional, que por otro lado no debe renunciar a obtener un aprovechamiento de las actuaciones que se apliquen.

La actividad silvícola en la actualidad se enmarca en un profundo proceso de abandono del medio rural, que ha dado lugar a la colonización de arbolado en antiguos terrenos de cultivo o pastos, la reducción de la extracción de productos del monte, la disminución del pastoreo extensivo, que facilita la regeneración pero incrementa la cantidad de combustible fino, el aumento de la forestación de tierras agrarias y un aumento paralelo de las densidades de fauna cinegética (AUNÓS, 2008a). Tampoco ayuda a la gestión activa la atomización de la propiedad forestal en el norte de España, sobre la que existen recientes iniciativas de creación de unidades de gestión forestal en Galicia. La reducción progresiva de

los precios constantes de la madera, su dependencia de las catástrofes naturales o la desestructuración progresiva del mercado laboral suponen problemas adicionales para la selvicultura.

El abandono de la gestión activa produce un incremento de la biomasa, pero no necesariamente una mejora en la prestación de los servicios demandados del monte. Los montes precisan de tratamiento silvícola si se quiere maximizar la producción de bienes y servicios indirectos, tales como la regulación del régimen hidrológico, la defensa del suelo contra la erosión, la fijación de carbono atmosférico, la actividad social en los mismos y aún su propia persistencia (MONTERO *et al.*, 1993). Resulta sin embargo imprescindible que la gestión lo sea de mínimos, de carácter extensivo y comportando inversiones acordes con la mejora en la prestación de servicios obtenida o con la reducción del riesgo de destrucción por incendios.

SELVICULTURA INTENSIVA DE PRODUCCIÓN

Contexto, especies, mejora genética y selvícola

Puede considerarse en este grupo la actividad selvícola desarrollada sobre especies de crecimiento rápido (chopo híbrido, pino radiata, pino gallego, eucaliptos o pino de Oregón) en las comunidades del norte de España, en estaciones muy favorables para la producción forestal y en terrenos de propiedad predominantemente privada. Podría hablarse en este caso de selvicultura de plantación, con la salvedad de que la regeneración del pino gallego es muy a menudo natural tras corta o incendios, y que en *Eucalyptus globulus* se aprovecha el rebrote durante varios turnos.

Todo el arco atlántico del suroeste Europeo participa de unas condiciones estacionales favorables a la productividad forestal, con un predominio de propiedad particular en parcelas de escaso tamaño, lo que explica el frecuente recurso a especies exóticas muy productivas. El Instituto Europeo del Bosque Cultivado (www.iefc.net) responde a esa situación con actividades de investigación y divulgación en las que participan varias comunidades autónomas españolas. Una visión superficial basada en el tipo de cortas y forma principal de masa califica

a la selvicultura intensiva como muy simple, lo que no es de ningún modo cierto si atendemos a todos los aspectos que se detallarán a continuación. Una perspectiva centroeuropea considera a esta selvicultura como alejada de la naturaleza y comportando riesgos inasumibles, si bien debe aceptarse que responde a unas condiciones de medio físico y socioeconómicas concretas.

TOVAL (2008) ha señalado cómo la sostenibilidad económica de estas explotaciones forestales en una situación globalizada solo puede asegurarse mediante una disminución de los costes de producción de madera y fibra mediante un aumento de la productividad, lo que supone la aplicación combinada de mejora genética y mejora selvícola. En *Eucalyptus globulus* la consecución del enraizamiento de estaquillas y la selección en función de caracteres importantes para la aplicación industrial ha permitido la aplicación de selvicultura clonal, con plantaciones muy homogéneas, optimización de procesos de preparación del terreno y fertilizaciones adaptadas incluso al clon concreto con el que se trabaja. Los caracteres de resistencia a sequía, *Phoracantha* o *Gonipterus* también se han considerado, habiéndose seleccionado clones procedentes de cruzamientos controlados entre individuos seleccionados.

La selvicultura clonal es una realidad conocida en el caso del chopo híbrido, en el que se cuenta con 28 clones catalogados a nivel nacional, que corresponden fundamentalmente a *Populus x euramericana* (17), *Populus x interamericana* (5 clones) y otros grupos. La populi-cultura, desarrollada particularmente en Castilla-León (62,5% de las plantaciones), constituye una alternativa actual rentable a cultivos, y supone una actividad muy intensa que incluye la selección de estaciones y clones, preparación muy cuidadosa del suelo, selección de plantación superficial o a raíz profunda, con la consiguiente restricción del tipo de planta (número de savias y presencia o no de raíz), selección del espaciamiento, fertilizaciones, control de competencia, control fitosanitario y podas, con recurso a la replantación una vez aprovechada la plantación a turno de 12 a 15 años. Muchos de los aspectos señalados quedan condicionados por el clon elegido (SIXTO *et al.*, 2008). Son muy variadas las líneas actuales de investigación en

esta materia, pudiendo mencionarse el ensayo de clones para plantación en zonas marginales (GRAU et al., 1997), o el desarrollo de modelos de crecimiento (BARRIO et al., 2007), cuya precisión y capacidad de estimar la producción obtenida por clases dimensionales resulta básica para determinar turnos financieros óptimos.

El material mejorado disponible en coníferas es de origen sexual, lo que comporta una mayor diversidad fenotípica, pudiendo destacarse que en las plantaciones de *Pinus radiata* en el País vasco la totalidad de la planta empleada es mejorada, a partir de materiales locales o neozelandeses, correspondientes a progenitores de familias, huertos semilleros (29 ha) o rodales selectos (SAMANIEGO, com. per.). Los trabajos de ensayos de procedencias de pino de Oregón han permitido que se importen las procedencias americanas más adecuadas (TOVAL et al., 1993), e incluso que se haya instalado recientemente un huerto semillero tras selección de árboles plus en el norte de España. Existen sin embargo carencias importantes en cuanto a suministro y empleo de materiales cualificados o controlados.

A una selección cuidadosa del material genético debe añadirse, en el caso de regeneraciones artificiales, todas las consideraciones sobre calidad de planta y de los trabajos de preparación del terreno y plantación, que condicionan directamente la productividad futura. Pueden destacarse los ensayos realizados con diferentes tipos de contenedor, buscando la mejora del arraigo, crecimiento inicial y estabilidad (LARIO et al., 2009) o la determinación de la escasa adecuación de los decapados en la preparación de suelos que concentran su fertilidad en los horizontes superiores (MERINO et al., 2003).

Espaciamiento y cuidados culturales

La selección inicial del spaciamiento condiciona la base de selección de la que se parte en especies en que se realizan cortas intermedias, así como la rapidez del control del matorral. La incidencia adicional en los costes de las plantaciones o en la posibilidad de mecanizar las labores de mantenimiento hace de ésta una de las decisiones de mayor trascendencia para la silvicultura. La densidad de introducción debe además estar acorde a la calidad del material genético empleado. Si se parte de regeneraciones naturales, se procura

reducir de forma rápida y mecanizada la densidad, abriendo calles. El número de cortas intermedias necesarias o la proporción de madera juvenil producida quedan también afectados, habiéndose desarrollado en los últimos años varios diagramas de manejo de la densidad de directa utilidad práctica para el gestor (CASTEDO et al., 2009). La gestión de la densidad es uno de los principales medios del silvicultor para regular la competencia, mortalidad, crecimiento y composición específica de las masas.

El control de la vegetación de subpiso, que suponía la aplicación rutinaria de algunos desbroces posteriores a la plantación, ha derivado en esquemas integrales de gestión de la vegetación acompañante (BALLANDIER et al., 2006), mediante métodos mecánicos, químicos, por quema o por pastoreo, que deben conseguir un balance entre la reducción de la competencia con el arbolado, del riesgo de incendios o de efectos alelopáticos, con mantenimiento de la biodiversidad y de los efectos auxiliares que la vegetación acompañante puede aportar, en un contexto en el que el gestor procura que la plantación se beneficie de un máximo de luz, agua y nutrientes. Es imprescindible un profundo conocimiento de los efectos de competencia de cada tipo de vegetación (capacidad de rebrote, crecimiento en altura, densidad de la parte aérea, profundidad de las raíces, efectos alelopáticos), de su comportamiento frente a incendios o su palatabilidad para el ganado. La densidad del arbolado y la tendencia diferencial de las especies arbóreas a dar una densa cobertura de copas condiciona también los tratamientos (RODRÍGUEZ SOALLEIRO Y MADRIGAL, 2008). El empleo de herbicidas se ha incrementado en España para el control de herbáceas o de leñosas rebrotando tras roza, disponiéndose de abundante información de los resultados de su uso en otros países (WILLOUGHBY, 2004).

Un aspecto de importancia capital para la productividad forestal es la nutrición de las plantaciones de crecimiento rápido, lo que ha tenido como precursores en España a los trabajos de Gaspar de Lanuza o BARÁ (1990). A la práctica habitual de no fertilizar o, a lo sumo, aplicar de forma localizada en plantación algún abono de liberación lenta, lo que solo tiene efecto a muy corto plazo, se opone la constatación de un deficiente estado nutricional de muchas

plantaciones de *Pinus radiata* o eucaliptares, particularmente en Galicia (SÁNCHEZ RODRÍGUEZ et al., 2002). Han sido abundantes los ensayos de fertilización con abonos solubles, formulados de liberación lenta o residuos de diverso tipo, como escorias o cenizas de corteza y madera derivadas de industrias forestales (SOLLA et al., 2006). La aplicación de cenizas puede suponer una restitución de nutrientes previamente extraídos del monte con el aprovechamiento, siendo una forma de reciclado comúnmente considerada en los países nórdicos. En la práctica sin embargo la fertilización a hecho no se aplica en España.

Las podas realizadas en el marco de la selvicultura intensiva se orientan a conseguir una conformación recta del fuste y, sobre todo, a la producción de madera libre de nudos. La intervención de poda baja está generalizada y supone una mejora en la accesibilidad a los rodales y en la reducción del riesgo de incendios. Las podas altas se aplican sobre la totalidad de los pies en choperas, siendo selectivas en el resto de especies, en las que el marco no es definitivo. Multitud de aspectos concretos e implicaciones de las podas se han estudiado recientemente en España y en países de nuestro entorno: pautas de ramosidad, crecimiento posterior del arbolado, estado sanitario de la masa, efecto de apertura del dosel, rapidez de cicatrización de las heridas en función del diámetro de muñón, riesgos de infección por hongos o ataques de insectos, relación entre el diámetro sobre muñones y sobre las oclusiones, época de realización, reglas prácticas de subida de la altura de poda en relación al espaciamiento, desarrollo de herramientas y rendimientos o rentabilidad económica, entre otros, disponiéndose de una revisión reciente (BARRIO et al., 2009).

Cortas y modelización

La aplicación de programas activos de claras ha sido posible por la buena implantación de industrias de desintegración, consumidoras de madera de pequeña dimensión, y por la progresiva mecanización de los trabajos de apeo y procesado mediante cosechadoras, lo que reduce los costes de aprovechamiento (TOLOSANA et al., 2002). Si a eso unimos los buenos resultados de la simplificación de los señalamientos se colige la posibilidad de obtener beneficios incluso de

primeras claras. Las claras aplicadas han tendido a ser de gran peso, por lo bajo o mixtas, en algunos casos selectivas (SEVILLA, 2005). La opción semisistemática se ha generalizado como forma de ejecución de primeras intervenciones. Existe información reciente y abundante sobre los efectos de las claras en el crecimiento, estabilidad de la masa, saneamiento de la misma, estructura o respuesta de cierre de dosel de copas, con la consiguiente propuesta de regímenes de clara para buena parte de las especies de mayor importancia productiva, en función de las posibilidades de comercialización de productos intermedios, aspecto diferencial entre especies y regiones (AUNÓS Y VEGA, 2008; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ Y RODRÍGUEZ SOALLEIRO, 2008).

Las cortas de regeneración se aplican a hecho, aunque pocas veces la superficie afectada en un tiempo es mayor de 5 ha, dada la estructura de la propiedad y los tamaños de lotes que se ponen en venta. Las variantes más frecuentes se derivan de la progresión de las cortas, la posible forma en fajas de las unidades de corta, la consideración de la corta a hecho en dos tiempos para tener reserva de árboles padre en previsión de incendios en el regenerado o la aplicación de monte bajo con reserva en eucalipto, entre otras. La decisión entre regeneración natural o artificial depende de múltiples factores, con predominio claro de la reforestación en el caso de *Pinus radiata*, necesidad de replantar por reducción de producción tras varios turnos de *Eucalyptus globulus*, imposibilidad de aprovechar el rebrote en *Eucalyptus nitens* y decisión dependiente sobre todo de la calidad de la masa cortada en el caso del pino gallego.

La adecuada gestión de los restos de corta tiene múltiples implicaciones: estabilidad nutricional, posibles ataques de hongos a la raíz o problemas de plagas, rapidez y distribución de la regeneración natural, acumulación de combustibles, facilidad de trabajos mecánicos posteriores o posibilidades de erosión y efectos hidrológicas (FERNÁNDEZ et al., 2004). Las opciones posibles son muy amplias, pasando desde los distintos tipos de quema, de restos esparcidos, en cordones, en pilas, quemas continuas hasta los gradeos, trituración o retirada total o parcial. Las posibilidades de aprovechamientos de restos para producción energética harían más frecuen-

tes estas dos últimas opciones. El impacto derivado de la retirada es calculable empleando ecuaciones desarrolladas al efecto (RODRÍGUEZ SOALLEIRO *et al.*, 2008).

La mecanización de los aprovechamientos se ha generalizado en claras y cortas finales, siendo completa para el desembosque pero también muy importante para la fase de apeo y procesado, tal como se deduce de la evolución acumulada de las máquinas subvencionadas por la Xunta de Galicia en el periodo 1995-2008, mostrada en la figura 2. Puede notarse asimismo el fuerte incremento, muy reciente, en la maquinaria asociada con aprovechamiento de biomasa (empacadoras, astilladoras móviles, multitaladoras o rajadoras de leña). Obviamente la información corresponde a una única comunidad autónoma, pero la estimamos significativa de un proceso a nivel español.

La elaboración de modelos de evolución de rodales regulares de especies de crecimiento rápido, en lo referente a curvas de calidad de estación, ecuaciones de crecimiento en área basimétrica, de mortalidad o de predicción de volúmenes, ha tenido un gran desarrollo reciente, si bien se trata en la mayor parte de los casos de modelos empíricos de base estadística. El des-

arrollo de modelos se ha ido ampliando a otros muchos aspectos, como la regeneración, la competencia entre árboles individuales o perfiles de copa, todo lo cual supone contar con potentes herramientas de gestión. Si bien se han construido algunos modelos de proceso, que permitan un mejor conocimiento de las relaciones entre condiciones climáticas, edáficas y la evolución de rodales intervenidos (BLANCO *et al.*, 2005; GRACIA *et al.*, 2005), existen aún notables carencias, en particular en la parametrización a masas españolas del modelo 3PG, que es el que mejores opciones de aplicación a la gestión práctica de masas forestales ha mostrado en varias zonas del mundo (LANDSBERG & WARING, 1997).

Parece difícil aventurar el futuro de esta silvicultura intensiva en los países del sur de Europa, donde existe una notable diferencia de percepción de la actividad silvícola por parte de los propietarios forestales y de una sociedad cada vez más urbana. El establecimiento de compensaciones económicas para los propietarios que aborden una gestión con mayor carácter multifuncional o las iniciativas de aprovechamiento múltiple madera-setas, madera-castaña o madera-pasto, combinadas con la actividad recreativa, pueden suponer soluciones particula-

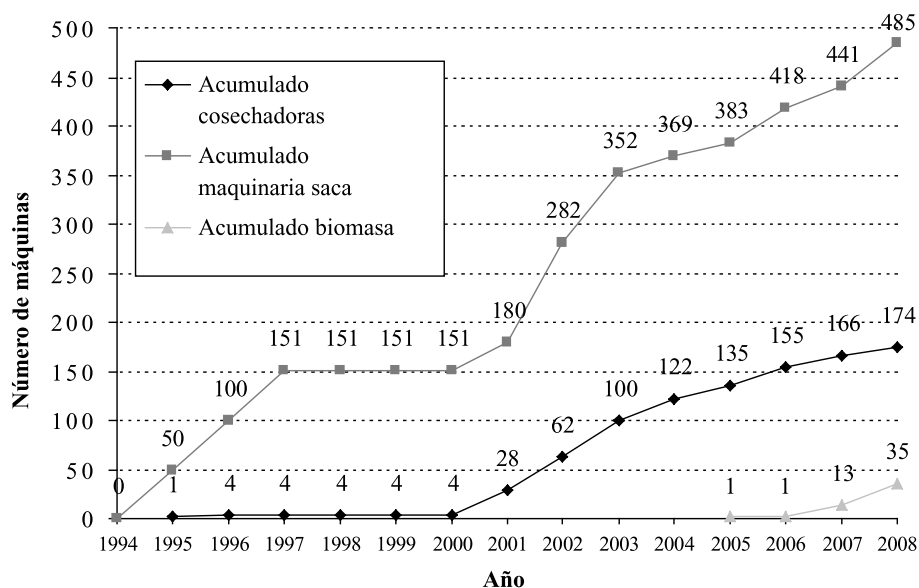


Figura 2. Número acumulado de máquinas subvencionadas por la Consellería de Medio rural de la Xunta de Galicia en el periodo 1995-2008. Se incluyen como máquinas de saca autocargadores y tractocargadores. Las cosechadoras corresponden a distintos formatos y potencias, con predominio de cabezales sobre chasis de retroexcavadoras. Los datos se refieren al año de convocatoria de la subvención, con ligeras modificaciones introducidas por el autor considerando los retrasos de compra durante los tres primeros años. Fuente: Dirección Xeral de Montes, Consellería de Medio Rural

res viables en caso de que el selvicultor reciba rentas similares o más frecuentes que las derivadas de venta exclusiva de madera. El aprovechamiento de mercados nicho de madera preciosa de frondosas es otra opción que ya se está aplicando en algunas plantaciones.

SELVICULTURA MULTIFUNCIONAL

La gestión forestal queda condicionada en la actualidad por una continua transformación de la sociedad y de las prestaciones que este demanda de los bosques, ya sea en relación con el uso social, la protección, la conservación de la biodiversidad o la obtención directa de bienes muy diversos, todo lo cual puede ser difícil de compatibilizar y da lugar a la necesidad de establecer claramente los usos del monte y su priorización (MADRIGAL, 1994). Esto se desarrolla en un contexto de predominio de una visión urbana de la gestión de los recursos naturales, acorde con la situación general de las sociedades desarrolladas, que centran su interés en el paisaje, recreo, biodiversidad o fijación de CO₂, restando importancia a las producciones tradicionales (AUNÓS, 2008a).

Los productos directos obtenidos de los montes mediterráneos tienen sin embargo una notable importancia económica y han dado lugar a la aplicación de técnicas selvícolas específicas, entre las que pueden citarse las podas para conformación de copa de árboles fruteros o alcornoques para descorche, la determinación de turnos de descorche o de número de caras y entalladuras en pinares en resinación, densidades óptimas para distintos aprovechamientos, cortas de regeneración y turnos de corta del arbolado, aplicación de claras, apertura de claros, desbroces y fertilizaciones y sus efectos combinados sobre la producción combinada de hongos y madera y muchos otros. Todo ello hace que, en la gestión de la mayor parte de los montes, el uso productivo sea al menos un uso secundario a tener en cuenta. Una posición de corresponsabilidad en la explotación de los recursos naturales globales justifica que este uso no sea anulado de la gestión forestal de un país que importa un equivalente de madera en rollo (33,5 millones de m³) que supone 2,2 veces su producción, lo que es particularmente cierto en

técnicas en que el propio aprovechamiento resulta una herramienta de mejora.

Mención específica merece en el marco de este tipo de silvicultura la consecución de la regeneración, ya que el objetivo casi siempre será que esta se produzca de forma natural. Notables avances se han recopilado sobre los factores que regulan la floración, producción de fruto, diseminación, existencia de bancos de semilla en suelo y vuelo, germinación, predación sobre la semilla, supervivencia del regenerado joven o incorporación a las primeras clases diamétricas en numerosas especies forestales, todo ello tras cortas, incendio o por colonización de terrenos previamente no arbolados. Se han establecido criterios e clasificación del regenerado y propuesto densidades mínimas suficientes para considerar la regeneración lograda (SERRADA, 2003), aconsejándose recurrir a la regeneración artificial en caso necesario. La obtención de regeneración en una medida que asegure la persistencia del arbolado debería considerarse imprescindible para calificar una gestión forestal como de sostenible.

Silvicultura de protección en áreas semiáridas y áridas

Establecer y gestionar montes arbolados en el límite del desierto ha sido una actividad continua de los forestales españoles. La prioridad de la función protectora del suelo frente a la erosión y de regulación del ciclo hidrológico en zonas con más de dos meses de sequía supone procurar la persistencia de la masa en un estado de vigor adecuado y se aplica tanto a masas naturales como a otras que proceden del Plan nacional de Repoblación Forestal. La atribución de esa función preferente a un rodal supone normalmente que la calidad de estación es baja.

Los claros son en estos casos intervenciones propicias a la prevención de incendios y que evitan estancamientos de la masa, en zonas donde la competencia por agua resulta la más importante. Las claras suponen un aumento de espacio edáfico y disponibilidad hídrica para el arbolado remanente, así como una mayor precocidad en la producción de fruto (VERKAİK & ESPELTA, 2006). El tipo de clara a realizar debe adaptarse al temperamento de la especie principal, siendo lo habitual claras bajas, sin apertura

importante de la fracción de cabida cubierta, fomentando la composición mixta de la masa si la hubiera, con peso moderado y homogeneizador de la densidad final y extracción cuidadosa evitando las calles de arrastre en máxima pendiente. Los condicionantes de evitar al máximo los daños al suelo y vuelo remanente y la dificultad de comercialización madera delgada en muchas regiones españolas hace que raramente estos tratamientos generen beneficios netos.

En lo referente a desbroces, se aprecia una tendencia a respetar la presencia de matorral e intervenir solo en áreas cortafuegos. La poda de ramas vivas se restringe a actuaciones de adecuación al uso público o áreas cortafuegos, aceptándose el papel hidrológico de las ramas en la captación de agua. Ello explica que en montes estrictamente protectores se reduzcan las intervenciones a escamondas.

La mayoría de las repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* o *Pinus pinea* realizadas durante el siglo XX se enmarcan en este tipo de silvicultura, siendo necesario asegurar su estabilidad mediante planes de claras y abordar cortas de regeneración en las que se encuentran próximas a la edad del turno. Se han indicado con frecuencia los procesos de estancamiento, elevada mortalidad natural e inestabilidad de antiguas repoblaciones muy densas realizadas por siembra o plantación (SOLÍS, 2003). Se procura en general una naturalización de las repoblaciones, mediante la rotura de las alineaciones y el fomento de la regeneración natural de frondosas, aunque debe considerarse en este caso el origen de semilla o rebrote y el problema de la continuidad vertical del combustible.

La experiencia de cortas de regeneración en monte alto se restringe en el caso de masas protectoras a coníferas, en las que la estructura es predominantemente regular, siendo las cortas más frecuentes los aclareos sucesivos, con corta diseminatoria muy fuerte en las coníferas muy heliófilas, o los aclareos sucesivos por bosquetes. Se realizan frecuentes adelantos de turno para conseguir un buen balance de clases de edad, y conviene no prolongarlos excesivamente si se pretende que los árboles tengan buena producción de fruto, lo que obviamente depende de la longevidad de la especie. Se observa una tendencia a la aplicación de entresaca por bos-

quetes, con una indefinición de los tamaños, formas y orientaciones en ladera óptimos para los bosquetes en las distintas especies, pareciendo éste un ámbito de investigación relevante si se quiere asegurar la viabilidad del regenerado.

Un carácter marcadamente protector tienen los montes bajos de quercíneas mediterráneas, en los que el abandono de la gestión tradicional ha derivado en exceso de densidad, gran competencia por agua, reducción de la fracción de copa viva, reducida fructificación, envejecimiento, puntiseado y enorme riesgo de incendio, todo lo cual hace peligrar la estabilidad de la masa y el cumplimiento de su función protectora. CORCUERA et al. (2004) indican la vulnerabilidad a la cavitación y consecuente embolia del sistema vascular en los casos en que se produce exclusivamente madera de primavera como proceso desencadenante del estancamiento. El resalveo de conversión a monte alto mediante claras bajas y fomentando la traslación de cepas, con variantes en función de la especie, es el tratamiento que parece más indicado, al ser el monte alto más estable y favorable desde el punto de vista paisajístico o ecológico (BRAVO et al., 2008).

Tras una larga etapa de paralización de las forestaciones de terrenos forestales degradados, los resultados de las actuaciones del pasado siglo indican que esa actividad debería retomarse, dándole un sentido de restauración de sistemas forestales, lo que parece más consonante con una verdadera política forestal que la reforestación de tierras agrarias.

Silvicultura de protección en montaña

El papel protector de los bosques de montaña se ha reconocido desde los inicios de la actividad forestal profesional, derivando en importantes actuaciones de reforestación que buscan proteger infraestructuras o zonas habitadas contra caída de piedras, avalanchas, deslizamientos o torrentes. La ubicación de estos arboledos en cabecera de cursos de agua les otorga un papel importante en la garantía del abastecimiento de agua en cantidad y calidad suficientes. Las condiciones predominantes de estas áreas son la altitud elevada e importantes pendientes, clima duro de corto periodo vegetativo, escaso desarrollo de los suelos, abundancia de daños derivados de viento y nieve y difícil acceso, con las implicaciones sil-

vícolas que ello acarrea. Los bosques de montaña están además sometidos a muy diversas solicitudes, y así los ubicados a menor altitud y con menores pendientes la prioridad de uso asignada es a menudo la productiva.

Si bien se acepta que una estructura irregular vertical es la óptima desde el punto de vista protector, la tendencia en ausencia de cortas, tanto en pino negro como en abeto, en caso de que las perturbaciones naturales no generen huecos de suficiente dimensión, es a presentar un único dosel de copas, aunque la edad del arbolado sea muy diferente en realidad. El mantenimiento de una irregularidad pie a pie supone una intervención antrópica contraria al proceso de regularización de tamaños (SCHÜTZ, 1997). En la práctica, debido a agresiones bióticas y a los aprovechamientos madereros pasados, los bosques de montaña presentan una situación desestructurada y heterogénea que justifica abordar tipologías silvogenéticas (AUNÓS et al., 2007), que son básicas para designar tratamientos.

Las cortas de regeneración más frecuentes en áreas con papel protector preponderante son la entresaca por bosquetes en los montes irregulares y el aclareo sucesivo por bosquetes o por rodales en los regulares, con una frecuencia de intervenciones y superficie afectada tal que permita obtener un volumen mínimo aprovechable de unos 50 m³/ha. La entresaca pie a pie se aplica en España exclusivamente en el caso de abetares.

Debe prestarse una atención especial a la vecería, a la promoción de adecuadas razones de copa y a evitar empradizamientos e invasiones de matorral, recurriendo a la regeneración artificial si es necesario. Es común la reserva de ejemplares muy añosos (*Pinus sylvestris*, *nigra*, *uncinata*) y de madera muerta, que en abeto suele ser superior a 5-10 m³.ha⁻¹ en masas sin intervención irregularizadas por perturbaciones frecuentes (AUNÓS, 2008b). En las cotas más elevadas, con presencia de montes abiertos, la no intervención mediante cortas es lo habitual, habiéndose observado una progresiva elevación del límite altitudinal de vegetación arbórea.

Las intervenciones de mejora tienen como objetivo mejorar la estabilidad y vigor de la masa, condicionando la dificultad de saca el tipo de intervenciones. Si bien se han propuesto regímenes con primera clara retrasada, cortas por lo

bajo y de larga rotación en pinares estrictamente protectores de pino silvestre, una mayor importancia de aspectos productivos orientarían las actuaciones a claras selectivas con designación de pies de porvenir, lo que permite concentrar un volumen de aprovechamiento que compense los costes de saca. La opción de corta sin aprovechamiento posterior también se ha considerado, en el marco de un planteamiento de reducir en lo posible los costes silvícolas manteniendo un aceptable nivel de protección, o selvicultura de mínimos (MOTTA, 2000).

Particular atención merecen los problemas de plagas y daños derivados de numerosos agentes bióticos y abióticos, que requieren un seguimiento constante de las condiciones de regeneración, mortalidad natural y crecimiento de la masa y la aplicación de una selvicultura preventiva: muérdago, enfermedades radicales, explosión de poblaciones de cérvidos, largos episodios de sequía, contaminantes atmosféricos o escolítidos, que pueden comprometer la persistencia de los bosques de montaña.

Selvicultura de conservación

Una selvicultura orientada preferentemente al mantenimiento y mejora de la biodiversidad es la que se aplicaría en espacios naturales protegidos y en la Red Natura 2000, excluyendo las reservas naturales integrales, parques nacionales o monumentos naturales, en los que la no intervención es lo habitual (REQUE, 2008). La tendencia en estos casos es a una aplicación de selvicultura específica por rodales, en función de las características de la masa y de los condicionantes para la gestión que en cada caso se produzcan, con aceptación de rodales de muy reducido tamaño (VERICAT Y PIQUÉ, 2007). Se ha propuesto en este sentido el mantenimiento de árboles refugio tras la corta final, fomento de pies grandes y ramosos, extracortables o de árboles decrepitos y madera muerta en descomposición, todo lo cual se enmarca en la creación de microhábitats para la fauna.

Algunas propuestas orientadas a bosques norteños que aporta OLABE Y VAL (2007) son el mantenimiento de trasmochos, fomentar la conectividad de robledas aisladas, apertura de claros para la alimentación de cérvidos o considerar la presencia de pícidos en los señalamien-

tos de corta, a lo que cabría sumar el fomento de subpisos de arbustos no heliófilos, como arandanas o acebedas, que indica REQUE (2008).

Un fundamento apropiado para la silvicultura de conservación es el conocimiento detallado de la dinámica de las masas forestales y del régimen natural de perturbaciones a que estas se ven sometidas, con la intención de emularlo, lo que se ha convertido en una prioridad de gestión en el oeste de Norteamérica (LONG, 2009). Si bien suelen considerarse las perturbaciones a pequeña escala e intensidad las que de forma natural afectarían a los bosques, parece imposible tener un conocimiento de ese régimen en medios tan humanizados desde antiguo como los europeos.

La diversificación estructural es un lugar común propugnado en este tipo de silvicultura, siendo la cuantificación de la misma y su aplicación a escala de árboles individuales, en los sentidos de diversidad de edades, posiciones o tamaños, un ámbito de investigación de relevancia actual (MONTES *et al.*, 2005). La consecución de una complejidad estructural, aspecto que se liga a una mayor diversidad de la biocenosis, no debe suponer sin embargo un aumento de riesgo de fuegos de copas, siendo por tanto necesario un análisis de las condiciones estacionales en que se aplican esos tratamientos. Debe considerarse además la disminución de crecimiento que dicha diversificación estructural puede determinar (BRAVO & GUERRA, 2002), lo que desemboca en la inevitable pregunta sobre los instrumentos financieros que pueden permitir la aplicación de una silvicultura de detalle como la indicada, complementando las pérdidas de renta derivadas de su aplicación.

Conviene sin embargo indicar que la silvicultura de conservación no es incompatible con la producción de madera, como demuestra por ejemplo a la aplicación de claras con selección de pies de porvenir y que, de hecho, la renuncia a cualquier aspecto productivo que preconizaría una silvicultura ecologista (SCHÜTZ, 1990) supone trasladar el problema de la producción maderera a ámbitos geográficos en que la gestión sostenible es de aplicación poco generalizada.

Silvicultura, recreo y paisaje

El uso social del monte tiene una demanda creciente en el marco de una sociedad cada vez más urbana y concienciada de la importancia de

la conservación de la naturaleza. Esto hace que el uso múltiple deba tomar en consideración el paisaje y la posible actividad de recreo, e incluso que este sea el uso principal asignado a algunos cantones o montes. Un objetivo preferente de uso social buscaría adecuar el monte a una cierta presión de visitantes y facilitar el acceso a determinadas zonas que se consideren menos sensibles, para evitar un excesivo impacto, estableciendo incluso rotaciones recreativas si es fuera posible (GONZÁLEZ DONCEL, 1994).

Distintas consideraciones se han venido manejando a la hora de condicionar la gestión forestal por sus implicaciones paisajísticas: evitar formas demasiado geométricas, considerar la configuración del terreno a la hora de delimitar rodales, establecer zonas de transición en límites de masa, modificar las especies en zonas de borde, evitar límites de corta perpendiculares o paralelos a líneas de nivel, interrumpir bordes a ambos lados de pistas o carreteras, dejando claros para aumentar la línea de visión y otros, todo ello compatible con el mantenimiento de una productividad maderera, para lo que se han establecido en otros países recomendaciones para adecuar los planes de cortas (BELL, 1998). Sin embargo, muchas de las propuestas que se establecen son solo aplicables con una superficie mínima de la parcela forestal.

Se ha indicado que la actividad recreativa se concentra a distancias inferiores a 1 ó 2 km de los núcleos habitados o de los puntos de acceso a las áreas forestales. La planificación de esos montes conlleva una zonificación, procurándose que la presión de visitantes no sea excesiva como para causar un importante impacto sobre la compactación del suelo o la regeneración. Obviamente existen diferentes requerimientos por parte de los usuarios, desde una completa naturalidad, pasando por la variedad de especies, áreas de actividad deportiva hasta actividades festivas o de disfrute ornamental, si nos movemos desde la más próxima a la naturalidad hasta la más artificializada. Se acepta actualmente que todas las zonas deben dar respuesta a diferentes aspectos recreativos, y no solo a uno concreto. Se comprende también que poner el acento en la biodiversidad no supone necesariamente optimizar el uso recreativo.

En general el público valora de forma positiva la presencia de pies muy grandes, formacio-

nes arboladas más abiertas, sin indicios de restos de corta o intervenciones silvícolas, la variedad de especies arbóreas y la presencia de un subpisos, siempre que no dificulte la transitabilidad.

En referencia a las cortas de regeneración, la preferencia por las cortas de aclareo sucesivo es notoria en comparación con las cortas a hecho, lo que se enmarca en una preferencia general por los tratamientos que minimizan el grado de cambio percibido (HOLGEN *et al.*, 2000). La creación de pantallas visuales, la reserva de bosquetes residuales, la aceleración de la instalación del regenerado en áreas de corta, aplicación de turnos físicos, son medidas concretas que se han analizado en el marco de una selvicultura paisajística (GONZÁLEZ DONCEL, 1994). Una gestión orientada de forma prioritaria, o al menos parcialmente, al recreo supone un incremento de los costes y por tanto las necesarias fuentes de financiación para acometerla, pareciendo difícil la conciliación de intereses de propietarios y visitantes.

Las actuaciones que en la práctica se aplican para adecuar a un uso recreativo consisten en limpiar para facilitar el acceso, corta o reducción de especies exóticas preexistentes, fomento de la regeneración o replantación de especies, considerando normalmente las repoblaciones por golpes sin atender a un marco geométrico definido y riguroso seguimiento de las condiciones sanitarias y estabilidad del arbolado.

La importancia de los valores turísticos en el medio rural o de los bosques periurbanos es creciente, por lo que una gestión de estas características, asociada a una financiación sin grandes restricciones y a la protección estricta frente a posibles cambios de uso por urbanización, posiblemente se incrementará superficialmente en el entorno de grandes urbes, enclaves costeros y de montaña y cuencas de abastecimiento de agua de ciudades.

PERSPECTIVAS

La selvicultura y el cambio global

Los avances en modelización climática han permitido establecer previsiones de condiciones climáticas, incluyendo temperaturas medias, precipitaciones o vientos, acompañadas de su

correspondiente nivel de incertidumbre, para distintos escenarios futuros de emisión de gases de efecto invernadero (IPCC, 2007). Los bosques están bajo una importante presión derivada del cambio climático y las interacciones entre su presencia y el clima a través del efecto refrigerante producido por la transpiración o de promoción del calentamiento por su bajo albedo deben todavía investigarse en mayor detalle y de forma diferenciada para zonas tropicales, templadas y boreales (BONAN, 2008).

El largo ciclo de vida del arbolado indica una dificultad de adaptación a condiciones climáticas que cambian excesivamente rápido, habiéndose predicho o ratificado pérdidas de vitalidad, vulnerabilidad ante perturbaciones, cambio fenológicos, dificultad de adaptación de la estructura genética o migraciones de especies y formaciones vegetales, en un marco de lagunas de conocimiento sobre los efectos combinados de múltiples factores cambiantes (VALLADARES, 2008).

La forma en que el cambio climático afecta a la gestión forestal se traduce en procurar una reducción de los impactos sobre los ecosistemas forestales, la adaptación de la gestión a unas condiciones de clima más cálido y más seco en verano y contribuir a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero. Los sistemas forestales almacenan carbono en la biomasa aérea y también en el suelo y, aunque se consideran casi por defecto sumideros, pueden derivar en emisores netos en el caso de incendios o tras periodos excepcionalmente secos y cálidos (CIAIS *et al.*, 2005), lo que derivaría en una peligrosa potenciación del problema.

CANADELL & RAUPACH (2008) indican cuatro estrategias forestales fundamentales en la mitigación de emisiones de carbono: incrementar la superficie forestal mediante repoblaciones, aumentar el carbono acumulado en los bosques, aumentar el empleo de productos forestales y sustituir emisiones debidas a combustibles fósiles y reducir las derivadas de deforestación y degradación.

Una importante actividad es por tanto la cuantificación de la importancia de las áreas forestales españolas como sumideros, lo que se ha abordado recientemente (BRAVO, 2008) y para lo que parece necesario un inventario frecuente de los recursos forestales. Las diferencias

de acumulación de carbono en función de la especie considerada y de la silvicultura practicada es otra línea de trabajo que puede aportar información relevante (BALBOA *et al.*, 2006). Se ha indicado que la gestión deberá fundamentarse en un diagnóstico muy afinado del estado selvícola de cada rodal y de su evolución presumible en un medio no estable (AUNÓS, 2008a) y la importancia del empleo de catálogos y tipologías estacionales, sobre las que en España se cuenta ya con un evidente recorrido (ALLUÉ, 1995). Mención especial merece la incidencia sobre la regeneración, tanto en su consecución a corto plazo como su viabilidad futura, lo que puede sugerir el mantenimiento de un mayor abrigo sobre los brinzales de especies de temperamento algo delicado. También se ha calculado que una gestión preventiva basada en quemas controladas produciría una reducción de las emisiones por incendios (NARAYAN *et al.*, 2007). Se han indicado muchas otras propuestas, que en general se mueven en un ámbito de incertidumbre sobre la cuantía de los cambios futuros y su impacto en los bosques.

Dadas esas condiciones de incertidumbre se ha sugerido que la gestión adaptativa, fundamentada en un aprendizaje sistemático de los efectos de tratamientos aplicados, y que cuenta con una formulación matemática basada en la toma de decisiones, modelización de sistemas complejos y estadística bayesiana, tendrá una aplicación creciente en el futuro, aunque la formulación teórica tiene ya tres décadas (para una revisión crítica de su aplicación, ver MCLAIN &

LEE, 1996). Aunque la idea subyacente de usar los resultados de la experimentación para la toma de decisiones de gestión ha estado intrínsecamente ligada a la concepción tradicional de la silvicultura, o precisamente por ello, parece evidente que la aplicación de estas técnicas a nivel forestal en España tiene un retraso injustificable.

Perturbaciones

La perturbación más importante que afecta a los bosques en la cuenca mediterránea es el fuego, cuya incidencia será posiblemente más grave en el escenario predicho de incrementos de temperatura y reducción de precipitación estival en la cuenca mediterránea (PAUSAS, 2004; PIÑOL *et al.*, 1998). Se ha indicado una posible mayor incidencia de los grandes incendios (>500 ha), lo que en principio no queda respaldado por las estadísticas, como se muestra en la figura 3. Un objetivo de incremento del carbono acumulado en la biomasa supone un aumento paralelo de la cantidad de combustible, pareciendo estrictamente necesaria una gestión activa del mismo, creando estructuras forestales poco combustibles.

Las medidas concretas aplicadas consisten en la compartimentación mediante cortafuegos y áreas cortafuegos, los desbroces de matorral, particularmente en montes bravos y latizales y cuando la espesura de la masa no es suficiente, podas de penetración para eliminar la continuidad vertical del combustible o claras por lo bajo y débiles, que eviten la recolonización de matorral heliófilo (SERRADA *et al.*, 2008). El objetivo general es transformar los modelos de combus-

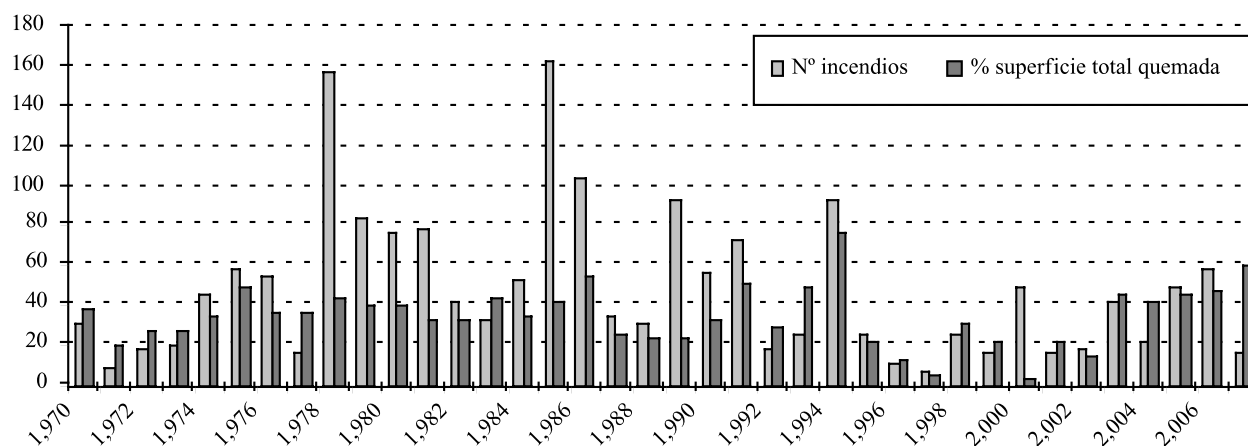


Figura 3. Número de grandes incendios y porcentaje de superficie total quemada correspondiente a grandes incendios. Fuente: Anuario de Estadística Agraria

tible 4 ó 7 en los 8 ó 9, que se definen como de hojarasca en bosque de coníferas o frondosas. Se acepta asimismo que las masas mixtas con presencia de especies brotadoras ofrecen una mayor diversidad de oportunidades de regeneración posterior al incendio y que conviene potenciar las formaciones lineales de especies ripícolas por su baja inflamabilidad.

SERRADA *et al.* (2008) resaltan la elevada combustibilidad de los montes bajos regulares envejecidos de encina, rebollo o quejigo, que deben someterse a resalvos de conversión, y de los fustales de pino resinado con sotobosque continuo.

La silvicultura a aplicar en montes quemados ha sido revisada asimismo por SERRADA *et al.* (2008), indicando la necesidad del apeo o recepe de especies brotadoras, acordonado de restos para proteger el suelo y promover la regeneración, acotamiento estricto al pastoreo, la forma de decidir la necesidad de una regeneración artificial en función de un inventario del regenerado el segundo verano tras el incendio o la recomendación de evitar una remoción intensa del suelo si se recurre a la reforestación, respetando las posibles terrazas o caballones preexistentes. La figura 4 da información de la importancia de las superficies en que estas actuaciones son anualmente necesarias.

Determinadas propuestas frecuentes en otros países son de escasa aplicación actual en España, tales como la retención de árboles resistentes a los incendios, el aumento de la altura a la base de la copa viva o la reducción de la densidad de combustible en el dosel de copas (AGEE & SKINNER, 2005), que se basan en la aplicación de

modelos de comportamiento de fuegos de suelo y de copas, empleando variables como la densidad de combustible de copas, de escasa utilización actual como indicador de riesgo en masas españolas (CRECENTE CAMPO *et al.*, 2009). Otro tanto puede decirse de las quemas controladas bajo arbolado, a pesar de existir una larga experiencia en su aplicación experimental (VEGA HIDALGO *et al.*, 2000).

La aplicación de quemas controladas se ha revisado recientemente por FERNANDES & BOTELHO (2003), particularmente en su efectividad en la reducción de combustibles, indicándose la necesidad de programas de quemas periódicas asociadas a un esquema general de lucha contra incendios. Estos planteamientos de gestión derivan de la evidencia de que un objetivo de exclusión de incendios conlleva una mayor severidad de los mismos a medio plazo. Información útil para la silvicultura se deriva de las recientes revisiones de los caracteres relacionados con la resistencia al fuego de diferentes especies, como la presencia de piñas serótinas, espesor de corteza, tendencia a la autopoda o precocidad en la producción de semilla, entre otros, lo que condiciona la posibilidad de supervivencia y regeneración tras fuegos de distinta intensidad (FERNANDES *et al.*, 2008; TAPIAS *et al.*, 2004).

Los derribos derivados de vendavales y temporales de nieve afectan en España particularmente a zonas de montaña y toda la Cornisa cantábrica, como demuestra la reciente incidencia del Klaus, que ha puesto en el suelo 1,2 millones de m³ de madera en Galicia. Si tenemos en cuenta que el último episodio de similar envergadura (Hortensia) afectó el norte de

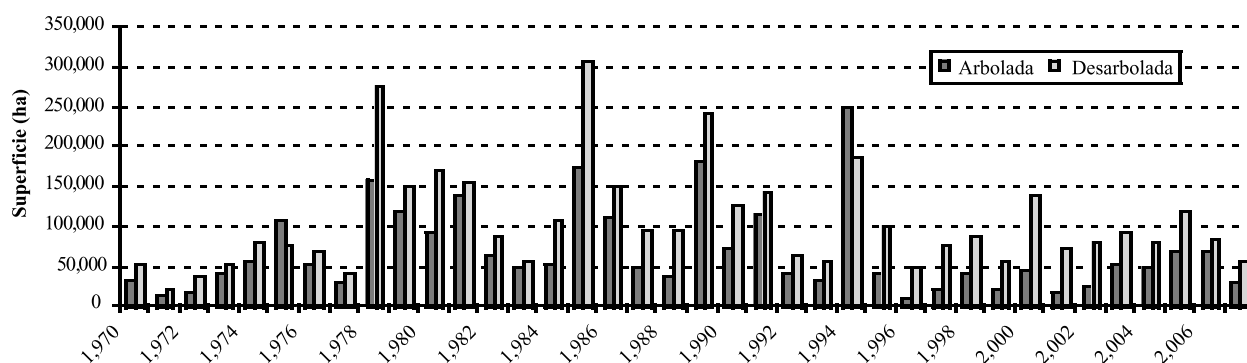


Figura 4. Superficie quemada anualmente en España, tanto arbolada como desarbolada. Fuente: Anuario de Estadística Agraria

España hace tan solo 25 años, se deduce que aspectos como la ubicación de las repoblaciones, la elección de especies más o menos susceptibles a roturas y descuajes, la intensidad de la preparación del terreno, la poda, el mantenimiento de niveles bajos de esbeltez, la limitación de pesos de clara, el adelanto del primer clareo o la progresión espacial de cortas son aspectos que la silvicultura ha considerado tradicionalmente, si bien en el ámbito de la investigación existen carencias y se aprecia una deficiencia en la parametrización de modelos, como el Forest GALES, a las condiciones españolas (CUCCHI *et al.*, 2005).

El aprovechamiento de biomasa con fines energéticos

En España, el 80% de las emisiones de GEI deriva del sector energético, y las energías alternativas deberían contribuir en un 12,1% al consumo de energía primaria en 2010, situándonos en la actualidad en cuanto a biomasa lejos de los objetivos derivados del Plan de Energías Renovables (3.499 ktep para generación de electricidad y 843 ktep para usos térmicos en 2007). En el ámbito forestal es la biomasa secundaria, o derivada de las industrias, la que predominantemente se viene empleando. La aprobación del Real Decreto 661/07, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, podría potenciar definitivamente el empleo de la biomasa forestal primaria, de entre la que cabe distinguir entre restos de intervenciones silvícolas y cultivos energéticos.

En cuanto a estos últimos, existe una notable indefinición actualmente, lo que condiciona los importes de subvención recibidos por la energía procedente de su uso. De una forma estricta deberían considerarse como tales las plantaciones a alta densidad y turnos muy reducidos (entre 2 y 5 años), ligadas a empleo de material clonal y al aprovechamiento del rebrote, con crecimientos extraordinariamente elevados y gestión muy intensa, lo que en áreas templadas supondría emplear tres géneros principales: *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus* (WEIH, 2004; SIXTO *et al.*, 2007). En la actualidad este tipo de plantaciones proliferan, aunque de forma todavía experimental. Conviene indicar que el diseño y el turno deben orientarse a la instalación, mantenimiento y

aprovechamiento mecanizados, astillándose inmediatamente el material tras la corta.

Parece conveniente que las actuaciones silvícolas que dan lugar a productos que por tamaño no sean aprovechables por las industrias madereras pero sí para uso energético se considerasen plantaciones energéticas, lo que permitiría obtener beneficios de claras tempranas e incluso modificar al alza las densidades de plantación en coníferas de crecimiento rápido para considerar una primera clara energética (HEIKKILÄ *et al.*, 2007).

En el ámbito de los restos de cortas e intervenciones silvícolas, el posible aprovechamiento comercial queda determinado por la densidad energética por ha que se obtendría y los costes derivados de la situación inicial de los restos, la saca de los mismos, el transporte y tratamiento previo a su empleo como combustible. El desarrollo de maquinaria de aprovechamiento de biomasa está en continua evolución, con el uso de multitaladoras, enfardadoras, astilladotas móviles, empacadoras y máquinas combinadas que realizan varias operaciones a la vez (TOLOSANA *et al.*, 2009), siendo importante la actividad actual de estudio de rendimientos y secuencia de operaciones.

La extracción económicamente viable de restos forestales para uso energético es discutible y un exceso de subvención podría afectar negativamente al sector de transformación de la madera, por lo que es conveniente al menos abordar estudios del impacto que el fomento de esta actividad tendría. Los cálculos generales de costes acumulados del material astillado en parque de planta de energía oscilan en general entre 30 y 60€/t, lo que debería permitir que el propietario del monte reciba un cierto ingreso por un producto que obviamente le pertenece.

El aprovechamiento de la biomasa desata importantes expectativas aunque, salvo en el caso de plantaciones energéticas, no es claro que se supere con facilidad el umbral de rentabilidad, a no ser que las intervenciones cuenten con ayudas adicionales derivadas de medidas de prevención de incendios. Las implicaciones en cuanto a extracciones de nutrientes pueden cuantificarse actualmente con herramientas dasométricas, pudiendo reponerse con la adición de las cenizas que la propia actividad de quema de astillas produciría.

Producción de madera estructural

El código técnico de la edificación y la norma EN1912 asignan clases estructurales a la madera de *Pinus sylvestris*, *nigra* y *pinaster* y *Eucalyptus globulus* de acuerdo con la clasificación previa de piezas aserradas que determinan las normas UNE56544 y UNE56546. Para el caso de coníferas se consideran dos clases de madera aserrada estructural, ME-1 y ME-2, designándose para frondosas únicamente la MEF. La asignación de categorías aptas para piezas estructurales depende de la dimensión de los nudos en cara y canto, presencia de madera de tensión o compresión, fendas, presencia de médula o deformaciones máximas. Se supone que estos importantes cambios en las normas de cálculo estructural pueden promover a corto plazo el uso de la madera en forma de piezas macizas o tabla para madera laminada y se ha argumentado sobre la necesidad de aplicar una silvicultura específica para esos productos. El empleo de productos sólidos de madera tiene además una posible contribución en la mitigación de emisión de GEI, además de tener una mayor eficiencia energética que productos alternativos (GUSTAVSSON et al., 2006).

La silvicultura aplicable en ese caso debe satisfacer unas necesidades de rectitud de piezas para alcanzar las luces necesarias, con un mínimo de 4 m en el caso de piezas para laminar, lo que condiciona el procesado de los fustes y el propio método de aprovechamiento. La condición de rectitud suficiente solo podrá satisfacerse en determinadas especies y procedencias, siendo un carácter de mejora característico. La consecución de grandes diámetros y fustes cilíndricos requeriría de la aplicación de claras y prolongación de turnos, aunque debe considerarse que los fustes son más cónicos en masas más abiertas. De hecho, no parece conveniente que la densidad inicial de la masa sea baja, para evitar que una proporción elevada de la madera producida sea juvenil.

El recurso a la poda artificial parece obligado en el caso de plantaciones, aunque resulta difícil eliminar completamente la presencia de nudos en piezas muy largas, al ser muy caras las podas por encima de la altura fácilmente alcanzable con pértigas. En el caso de regenerados naturales, convendrá mantener una densidad alta

para reducir el diámetro de ramas. En todos los casos debería asegurarse una suficiente intensidad de selección a lo largo del turno.

En el caso de los eucaliptos, las posibilidades de obtención de madera sólida a turnos razonablemente bajos (sobre 25 años y en método de beneficio de monte alto) ha derivado en la aplicación experimental de claras y podas, con el objetivo final de obtener piezas con relajación de tensiones internas (VIGNOTE et al., 1996), intentando equilibrar las tensiones con una distribución homogénea de los pies, abriendo sucesivamente espacio de crecimiento, e incluso seleccionando individuos de bajas tensiones en las claras, todo lo cual requiere todavía de esfuerzo investigador. Las podas deben ser muy tempranas y afectar a ramas vivas, con intensidad máxima del 40% de copa viva (MONTAGU et al., 2003; NUTTO et al., 2003).

CONCLUSIONES

1. La silvicultura es una tecnología capaz de proporcionar soluciones de gestión forestal ante las diversas demandas de los propietarios forestales o de la sociedad en general, para lo que es estrictamente necesaria una priorización de usos. La investigación en el ámbito de la silvicultura debe aportar herramientas y conocimientos de utilidad directa para la aplicación de tratamientos.
2. La silvicultura debe adaptarse a unas previsiones, aunque erráticas, de cambio climático y mayor incidencia de perturbaciones, particularmente incendios. Las opciones de mitigación pasan por un mantenimiento de la superficie arbolada, su incremento mediante actuaciones de restauración y una gestión activa con un adecuado balance entre cortas y promoción de madera de distintas dimensiones.
3. Las perspectivas de la actividad selvícola son favorables en lo que respecta al uso de biomasa y promoción del empleo de madera en productos sólidos y piezas estructurales, lo que podría dinamizar el mercado de la madera. La sostenibilidad económica de la silvicultura intensiva requiere un incremento de la productividad por superficie, basado

en mejora genética y silvícola, sin desatender los requerimientos sobre servicios indirectos del monte.

4. Una silvicultura marcadamente multifuncional es la que caracteriza la mayoría de la superficie arbolada española. Es necesaria la definición de tratamientos que optimicen la prestación de servicios de recreo y protección, asignando recursos en consonancia con la importancia de dichos servicios, pero manteniendo la producción de bienes directos, aunque solo sea como forma de corresponsabilidad para reducir la explotación de recursos ajenos.
5. A pesar de los enormes avances recientes, se detectan carencias en líneas de investigación orientadas a la influencia de la estructura forestal en el desarrollo de rodales y riesgos de destrucción por incendio, la mejora de la estabilidad ante episodios de vendavales y temporales de nieve, en el desarrollo de modelos ecofisiológicos de utilidad para la gestión o en la determinación de los efectos de determinados tratamientos sobre la prestación de servicios indirectos, entre otras.
6. Es necesario asumir un cierto nivel de inseguridad sobre los efectos que las actuaciones silvícolas pueden tener sobre los distintos componentes de los ecosistemas. La aplicación de la gestión adaptativa puede permitir un proceso rápido y sistemático de adquisición de información y cambios en la gestión a partir de los resultados de esas actuaciones.
7. La transferencia de los resultados de investigación a los silvicultores es deficiente, lo que deriva de que se publica en medios de escasa difusión entre estos, debiendo establecerse mecanismos adicionales que faciliten que la información pase a estar disponible por las asociaciones profesionales o de propietarios o los técnicos gestores de las administraciones públicas.

Agradecimientos

Los profesores Aunós y Madrigal aportaron documentación y comentarios. El profesor Serrada atendió, como es ya habitual, varias consultas. Agradezco las sugerencias y revisión crítica del

texto por Guillermo Vega y el aporte de datos por Inmaculada Rial y Tomás Fernández-Couto.

BIBLIOGRAFÍA

- AGEE, J.K. & SKINNER, C.N.; 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest. Ecol. Manage.* 211: 83-96.
- ALLUÉ, J.L.; 1995. El cambio climático y los montes españoles. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 2: 35-64.
- AUNÓS, A.; 2008a. La silvicultura y la ordenación ante las actuales prestaciones de los montes. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 27: 9-20.
- AUNÓS, A.; 2008b. Silvicultura de Abies alba Mill. En: R. Serrada, G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de silvicultura aplicada en España*: 15-28. INIA. Madrid.
- AUNÓS, A.; MARTÍNEZ, E. Y BLANCO, R.; 2007. Tipología silvícola de los abetales españoles de Abies alba Mill. *Inv. Agrar.: Sist. Rec. For.* 16: 52-64.
- AUNÓS, A. Y VEGA, G.; 2008. Silvicultura de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. En: R. Serrada, G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de silvicultura aplicada en España*: 643-656. INIA. Madrid.
- BALBOA, M.; RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; MERINO, A. & ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G.; 2006. Temporal variations and distribution of carbon stocks in aboveground biomass of radiate pine and maritime pine pure stands under different silvicultural alternatives. *Forest Ecol. Manage.* 237 29-38.
- BALANDIER, P.; COLLET, C.; MILLER, J.H.; REYNOLDS, P.E. & ZEDAKER, S.M.; 2006. Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry* 79: 3-27.
- BARÁ, S.; 1990. *Fertilización forestal*. Consellería de Agricultura, Gandería e Montes, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela
- BARRIO, M.; SIXTO, H.; CAÑELLAS, I. & CASTEDO, F.; 2007. Dynamic growth model for I-214 poplar plantations in the northern and central plateaux in Spain. *Forest Ecol. Manage.* 255: 1167-1178.

- BARRIO, M.; CASTEDO, F.; MAJADA, J. Y HEVIA, A.; 2009. *Manual básico de la poda y formación de los árboles forestales*. Mundi Prensa. Madrid
- BELL, S.; 1998. *Forest Design Planning: A Guide to Good Practice*. Forestry Practice Guide. Forestry Commission. Belfast
- BLANCO, J.A.; ZAVALA, M.A.; IMBERT, J.B. & CASTILLO, F.J.; 2005. Sustainability of forest management practices: Evaluation through a simulation model of nutrient cycling. *Forest Ecol. Manage.* 213: 209-228.
- BONAN, G.B.; 2008. Forest and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320: 1444-1449
- BRAVO, J.A.; ROIG, S. Y SERRADA, R.; 2008. Selvicultura en montes bajos y medios de *Quercus ilex* L., *Q. pyrenaica* Willd. y *Q. faginea* Lam.. En: R. Serrada, G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de selvicultura aplicada en España*: 657-744. INIA. Madrid.
- BRAVO, F.; 2008. *El papel de los bosques en la mitigación del cambio climático*. Fundación Gas Natural. España.
- BRAVO, F. & GUERRA, B.; 2002. Forest structure and diameter growth in maritime pine in a Mediterranean area. En: K. Gadow; J. Nagel & J. Saborowski (eds.), *Continuous cover forestry: assessment, analysis, scenarios*: 123-134. Kluwer. Dordrecht.
- CANADELL, J.G. & RAUPACH, M.R.; 2008. Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320: 1456-1457.
- CASTEDO, F.; BARRIO, M.; CRECENTE, F.; ÁLVAREZ, P.; BARRIO, M.; 2009. Development of a stand density management diagram for radiata pine stands including assessment of stand stability. *Forestry* 82: 1-16.
- CIAIS, P.H. et al. (32 autores); 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437: 529-533.
- CORCUERA, L.; SISÓ, S. Y GIL-PELEGRÍN, E.; 2004; Respuesta anatómica y funcional de *Quercus pyrenaica* en un monte pasado de turno. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 21: 13-17.
- CRECENTE-CAMPO, F.; POMMERENING, A. & RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; 2009. Impacts of thinning on structure, growth and risk of crown fire in a *Pinus sylvestris* L. plantation in Northern Spain. *Forest Ecol. Manage.* 257: 1945-1954.
- CUCCHI, V.; MEREDIEU, C.; STOKES, A.; DE COLIGNY, F.; SUAREZ, J. & GARDINER, B.A.; 2005. Modelling the windthrow risk for simulated forest stands of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Ecol. Manage.* 213: 184-196.
- FERNANDES, P.M. & BOTELHO, H.S.; 2003. A review of prescribed burnig effectiveness in fire hazard reduction. *Int. J. Wild. Fire* 12: 117-128.
- FERNÁNDES, P.M.; VEGA, J.A.; JIMÉNEZ, E. & RIGOLOT, E.; 2008. Fire resistance of European pines. *Forest Ecol. Manage.* 256: 246-255.
- FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; GRAS, J.M.; FONTÚRBEL, M.T.; CUIÑAS, P.; DAMBRINE, E. & ALONSO, M.; 2004. Soil erosion after *Eucalyptus globulus* clearcutting: differences between logging slash disposal treatments. *Forest Ecol. Manage.* 195: 85-95.
- GONZÁLEZ DONCEL, I.; 1994. El paisaje y el recreo en la ordenación de montes arbolados. En: A. Madrigal (ed.), *Ordenación de montes arbolados*: 315-331. ICONA. Madrid
- GRACIA, C.; PLA, E.; SÁNCHEZ, A. Y SABATÉ, S.; 2005. GOTILWA+: Un modelo de crecimiento forestal basado en procesos ecofisiológicos. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 18: 21-28
- GRAU, J.M.; GONZÁLEZ-ANTOÑANZAS, F. Y MONTOTO, J.L.; 1997. Clones de chopo para una nueva populicultura de media y alta montaña. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 5: 183-190
- GUSTAVSSON, L.; MADLENER, R.H.; HOEN, H.; JUNGMEIER, G.; KARJALAINEN, T.; KLÖHN, S.; MAHAPATRA, K.; POHJOLA, J.; SOLBERG B. & SPELTER, H.; 2006. The role of wood material for greenhouse gas mitigation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 1097-1127.
- HEIKKILÄ, J.; SIRÉN, M. & ÄIJÄLÄ, O.; 2007. Management alternatives of energy wood thinning stands. *Biomass and Bioenergy* 31: 255-266.
- HOLGEN, P.; MATTSON, L. & LI, C.Z.; 2000. Recreational values of boreal forest stand types and landscapes resulting from different silvicultural systems: an economic analysis. *J. Envir. Manage.* 60: 173-180.

- IPCC; 2007. Summary for Policymakers. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LANDSBERG, J.J. & WARING, R.H.; 1997. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecol. Manage.* 95: 209-228.
- LARIO, F.; FERNÁNDEZ, E.; LÓPEZ, B.; BENITO, L.F. Y RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; 2009. Inclinación del tallo de planta de *Pinus pinaster* en función del contenedor y duración de cultivo. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28: 195-200.
- LONG, J.N.; 2009. Emulating natural disturbance regimes as a basis for forest management: A North American view. *Forest Ecol. Manage.* 257: 1868-1873.
- MADRIGAL, A.; 1994. *Ordenación de montes arbolados*. ICONA, Madrid.
- MCLAIN, R.J. & LEE, R.G.; 1996. Adaptive management: promises and pitfalls. *Environ. Manage.* 20: 437-448.
- MERINO, A.; RODRÍGUEZ LÓPEZ, A.; BRAÑAS, S. & RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; 2003. Nutrition and growth in newly established plantations of *Eucalyptus globulus* in north-western Spain. *Ann. For. Sci.* 60: 509-517.
- MONTAGU, K.D.; KEARNEY, D.E. & SMITH, R.G.B.; 2003. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production-a review. *Forest. Ecol. Manage.* 179: 1-13.
- MONTERO, G.; ROJO, A. Y HERNÁNDEZ, A.; 1993. Teoría y práctica de la silvicultura. En: F.J. Silva-Pando y G. Vega Alonso (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Español-Lourizán 93*, 2: 433-447. Grapol. Vigo.
- MONTES, F.; SÁNCHEZ, M.; DEL RÍO, M. & CAÑELLAS, I.; 2005. Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forests. *Forest Ecol. Manage.* 207: 279-293.
- MOTTA, R.; 2002. Protective forests and silvicultural stability: An example of planning in the Aosta Valley. *Mountain Res. Dev.* 20: 180-187.
- NARAYAN, C.; FERNANDES, P.M.; VAN BRUSSELEN, J. & SCHUCK, A.; 2007. Potential for CO₂ emissions mitigation in Europe through prescribed burning in the context of Kyoto protocol. *Forest Ecol. Manage.* 251: 164-171.
- NUTTO, L.; TOUZA, M. Y DELGADO, J.L.; 2003. Producción de madera de calidad de eucalipto: la poda: conocimientos fundamentales y técnicas. *CIS-Madera* 11: 35-45.
- OLABE, F. Y VAL, Y.; 2007. La red Natura 2000, una oportunidad para el sector forestal. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 21: 113-118.
- PAUSAS, J.G.; 2004. Changes in fire and climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). *Climatic Change* 63: 337-350.
- PIÑOL, J.; TERRADAS, J. & LLORET, F.; 1998. Climatic warming, wildfire Hazard and wildfire occurrence in coastal Eastern Spain. *Climatic Change* 38: 345-357.
- REQUE, J.; 2008. Silvicultura en espacios naturales protegidos. En: R. Serrada; G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de silvicultura aplicada en España*: 1005-1035. INIA. Madrid.
- RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; BALBOA, M.; ÁLVAREZ, J.G. & MERINO, A.; 2007. Evaluation through a simulation model of nutrient exports in fast-growing southern European pine stands in relation to thinning intensity and harvesting operations. *Ann. For. Sci.* 64: 375-384.
- RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R. Y MADRIGAL, A.; 2008. Silvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *atlantica* H. de Vill. En: R. Serrada; G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de silvicultura aplicada en España*: 367-398. INIA. Madrid.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, F.; RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; ESPAÑOL, E.; LÓPEZ, C. & MERINO, A.; 2002. Influence of edaphic factors and tree nutritive status on the productivity of *Pinus radiata* D. Don plantations in northwestern Spain. *Forest Ecol. Manage.* 171: 181-189.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, F. Y RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; 2008. Silvicultura de *Pinus radiata* D. Don. En: R. Serrada; G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de silvicultura aplicada en España*: 471-502. INIA. Madrid.
- SCHÜTZ, J.P.H.; 1990. *Sylviculture I. Principes d'éducation des forêts*. Presses Polytechniques et universitaires romandes. Lausanne.

- SCHÜTZ, J.P.H.; 1997. *Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées*. Presses Polytechniques et universitaires romandes. Lausanne.
- SERRADA, R.; 2003. Regeneración natural: situaciones, concepto, factores y evaluación. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 15: 11-16.
- SERRADA, R.; AROCA, M.J. Y ROIG, S.; 2008. Selvicultura preventiva de incendios. En: R. Serrada, G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de selvicultura aplicada en España*: 949-979. INIA. Madrid.
- SEVILLA, F.; 2005. Claras altas selectivas: conceptos y experiencias. En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.), *Actas 4º Congreso Forestal Español*. CD-Rom. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.
- SIXTO, H.; GRAU, J.M. Y GONZÁLEZ ANTOÑANZAS, F.; 2008. Selvicultura de *Populus* spp. e híbridos. Populicultura. En: R. Serrada, G. Montero y J. Reque (eds.), *Compendio de selvicultura aplicada en España*: 553-586. INIA. Madrid.
- SIXTO, H.; HERNÁNDEZ, M.J.; BARRIO, M.; CARRASCO, J. Y CAÑELLAS, I.; 2007. El género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. *Inv. Agrar.: Sist. Rec. For.* 16: 277-294.
- SOLÍS, A.; 2003. Planteamientos sobre la regeneración en pinares de repoblación que alcanzan la edad del turno. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 15: 49-57.
- SOLLA, F.; SANTALLA, M.; RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R. & MERINO, A.; 2006. Nutritional status and growth of a young *Pseudotsuga menziesii* plantation in a temperate region after application of wood-bark ash. *Forest Ecol. Manage.* 237: 312-321.
- TAPIAS, R.; CLIMENT, J.; PARDOS, J.A. & GIL, L.; 2004. Life histories of Mediterranean pines. *Plant Ecology* 171: 53-68.
- TOLOSANA, E.; AMBROSIO, Y. Y VIGNOTE, S.; 2002. Rendimientos, costes y efectos ambientales de las claras mecanizadas sobre repoblaciones de *Pinus sylvestris* L. en España. *Inv. Agrar.: Sist. Rec. For.* 11: 39-65.
- TOLOSANA, E.; AMBROSIO, Y.; LAÍNA, R. Y MARTÍNEZ FERRARI, R.; 2009. *Guía de la maquinaria para el aprovechamiento y la elaboración de biomasa forestal*. Cesefor, Junta de Castilla y León. Soria.
- TOVAL, G.; VEGA, G.; PUERTO, G. & JENKINSON, J.; 1993. *Screening Douglas-fir for rapid early growth in common-garden tests in Spain*. USDA. Forest Service. Pacific Southwest Research Station. Berkeley
- TOVAL, G.; 2008. La mejora forestal a la luz de la mejora de *Eucalyptus globulus*. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 24: 113-122.
- VALLADARES, F.; 2008. A mechanistic view of the capacity of forests to cope with climate change. In: F. Bravo, R. Jandl, K.V. Gadow & V. Lemay (eds.), *Managing Forest Ecosystems: the challenges of climate change*: 11-36. Springer. Heidelberg.
- VEGA, J.A.; LANDSBERG, J.; BARÁ, S.; PAYSEN, T.; FONTÚRBEL, T.; FERNÁNDEZ, C. Y ROZADOS, M.J.; 2000. Efecto del fuego prescrito bajo arbolado de *Pinus pinaster* en suelos forestales de Galicia y Andalucía. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 9: 123-136.
- VERICAT, P. Y PIQUÉ, M.; 2007. Utilización del método de ordenación por rodales para compatibilizar la gestión forestal y la conservación de la biodiversidad. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 21: 125-133.
- VERKAİK, I. & ESPELTA, J.M.; 2006. Post-fire regeneration thinning, cone production, serotiny and regeneration age in *Pinus halepensis*. *Forest Ecol. Manage.* 231: 155-163.
- VIGNOTE, S.; MOLINERO, I.; GERARD, J. Y DíEZ, M.R.; 1996. Estudio de las tensiones de crecimiento de *Eucalyptus globulus* en Galicia y su relación con las características de estación y morfológicas del propio árbol. *Inv. Agrar.: Sist. Rec. For.* 5: 153-176.
- WEIH, M.; 2004. Intensive short rotation forestry in boreal climates: present and future perspectives. *Can. J. For. Res.* 34: 1369-1378.
- WILLOUGHBY, I.; 2004. *Reducing pesticide use in forestry*. Practice guide. Forestry Commission. Oxford.