

LA BIOMASA FORESTAL. GESTIÓN Y VIABILIDAD

Coordinado por:
Gregorio Montero
Ricardo Ruiz-Peinado
Vicente Sánchez

Coordinado por

Gregorio Montero

Centro de Investigación Forestal del Instituto Nacional
de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Vicente Sánchez

Federación Estatal de Construcción, Madera y Afines
de Comisiones Obreras

Ricardo Ruiz-Peinado

Centro de Investigación Forestal del Instituto Nacional
de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

CAPÍTULO I

Presentación

1. El sector de la madera en España

- 1.1. Análisis del Subsector de Explotaciones Forestales
- 1.2. Análisis del Subsector de Aserraderos y Rematantes
- 1.3. Análisis del Subsector de Tableros
- 1.4. Análisis del Subsector de Recuperadores de madera
- 1.5. Análisis del Subsector de Muebles

2. Descripción del sector de la generación de energía eléctrica por biomasa en España y perspectivas de crecimiento

- 2.1. La biomasa: Fuente renovable de Generación de Energía eléctrica
- 2.2. Escasas posibilidades de cumplimiento del Plan de biomasa
- 2.3. Diferentes tipos de biomasa
- 2.4. La Co-combustión
- 2.5. Desarrollo de la generación de electricidad mediante Biomasa Forestal

3. Cambios en la regulación de la remuneración de la biomasa en el nueva RD 661/2007

- 3.1. Modificación de los grupos de tarifas del anterior Real Decreto
- 3.2. Clasificación de plantas por escalas de potencia
- 3.3. Incremento de la remuneración de la energía generada a partir de biomasa forestal
- 3.4. Comparativa de las primas RD 436/2004 vs. RD 661/2007
- 3.5. Hibridación de Combustibles
- 3.6. Sistema de certificación y Trazabilidad
- 3.7. Co-combustión

4. Repercusiones de la aplicación del RD 661/2007 en el sector de la madera

- 4.1. Rematante y aserrío
- 4.2. Tableros de partículas y fibras
- 4.3. Recuperadores de madera
- 4.4. Muebles y derivados

5. Conclusiones y propuestas ante la incertidumbre de los probables efectos negativos del RD 661/2007

Anexo (Tabla indicadores)

CAPÍTULO 2

1. Introducción

- 1.1. La biomasa forestal
- 1.2 El Plan de Energías Renovables (2005-2010)
- 1.3. Indicadores para el análisis de la situación actual en la utilización de la biomasa forestal

2. Indicadores

- 2.1 Disponibilidad de madera en España
- 2.2 Situación de los subsectores de la madera
- 2.3 Precios de la madera
- 2.4 Situación general de la generación de energía en España
- 2.5 Biomasa potencialmente utilizable

3. Bibliografía

4. Conclusiones

Anexo. Definiciones y conversión de unidades

CAPÍTULO 3

1. Introducción

- 1.1 Tipología de biomasa forestal

2. Generación de alternativas selvícolas

3. Elección de especie

- 3.1 Pino silvestre (*Pinus Sylvestris* L.)
- 3.2 Pino negral (*Pinus Pinaster* Ait.)
- 3.3 Rebollo (*Quercus Pyrenaica* Willd.)

4. Metodología

- 4.1 Datos
- 4.2 Modelos de crecimiento utilizados en la obtención de alternativas de gestión
- 4.3 Evaluación de la potencialidad de la masa

5. Resultados

- 5.1 Simulaciones para *Pinus Sylvestris*
- 5.2. Simulaciones para *Pinus Pinaster*
- 5.3 Simulaciones para *Quercus Pyrenaica*

6. Conclusiones

7. Propuestas

PRESENTACIÓN

Estimadas amigas y amigos.

Con este libro continuamos el camino que iniciamos desde la Fundación Construcción y Madera con la primera publicación de nuestra Colección Anotaciones. Ésta colección tiene como objeto poder dar las herramientas de trabajo, sobre los más diversos temas, que permitan una mejor interlocución entre todas las partes implicadas en el mercado económico y de trabajo. Así mientras que el primer título se orientó a la actual necesidad de adaptar la redacción de los convenios colectivos a un lenguaje con perspectiva de género, esta segunda publicación lo hace ante un tema bien distinto pero también de enorme actualidad: los diversos modelos de gestión de la biomasa forestal.

La biomasa forestal ha sido objeto de tratamiento desde la antigüedad, ya fuese, entre otros, como elemento de construcción o como materia para la obtención de calor, sirviendo. Al día de hoy, estas características no han cambiado, si bien es cierto que ha surgido nuevas tecnificaciones que permiten un aprovechamiento mucho mayor a la vez que más rentable. De esta forma nos encontramos con la posibilidad de emplear no sólo los troncos más desarrollados, sino las partes menos productivas como son las ramas de pequeño tamaño o incluso la corteza para fabricar tableros de múltiples variedades y usos, como los que se les da para la labor de construir o la fabricación de muebles. De la misma forma se ha potenciado en los últimos años la utilización de estos mismos restos de podas y clareos en la producción de una energía de connotaciones medioambientales positivas, tanto para la producción de calor como de luz.

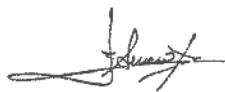
Sea cual sea su utilización, lo que es lógico es avanzar en una gestión más sostenible de los recursos naturales que tenemos. Por esta vía, será más interesante ayudar a mejorar la limpieza de los bosques antes que orientar estas ayudas a primar la compra de biomasa forestal. La primera solución traerá consigo diferentes beneficios tales como:

- permitirá la creación del empleo en las zonas adyacentes a los recursos forestales, favoreciendo, por tanto, el desarrollo de los núcleos rurales.

- unas condiciones de empleo estables mejoran la formación de los trabajadores, así como la productividad de la actividad económica.
- impedirá la propagación de incendios, con lo que eso conlleva en la minorización de las pérdidas humanas, sociales y económicas.
- permitirá un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, a la vez que beneficiara la biodiversidad.

Este estudio, que consta de tres partes, está elaborado como respuesta a la preocupación de aquellos que consideramos la defensa del medioambiente como un elemento imprescindible para el desarrollo sostenible. Desde la toma en consideración de los diversos usos de la biomasa, hasta encontrar los modelos de planificación que permitan un mejor y más ecológico aprovechamiento de los recursos, este libro pretende ser un instrumento útil para Administraciones, empresas, organizaciones sindicales y ecologistas, con el objeto de avanzar así en una gestión más sostenible de nuestros recursos naturales.

El buen trabajo realizado por la Federación Estatal de Construcción, Madera y Afines de CC.OO., es muestra de esta preocupación por encontrar modelos de desarrollo sostenible. Junto a ello, agradecer al Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y al Centro de Investigaciones Forestales por su profesionalidad e interés mostrado en un tema tan importante como el que tenemos el placer de presentaros.



Fernando Serrano Pernas
Presidente Fundación Construcción y Madera.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS MEDIOAMBIENTALES EN LA INDUSTRIA DE LA MADERA

AUTORES

VICENTE SÁNCHEZ JIMÉNEZ
FECOMA-CC.00.

El sector de la madera en España

9

El presente informe de la Federación Estatal de Construcción, Madera y Afines de CC.OO. al Observatorio Industrial de la Madera del MITYC (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) pretende avanzar en despejar las incertidumbres que ha generado del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, “Por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial” en el sector de la madera.

Su finalidad es analizar los posibles efectos, tanto positivos como negativos, que pueden resultar de la aplicación de esta nueva regulación. Anticiparse a lo que puede suceder no es tarea fácil, ya que las ponderaciones consideradas por esta nueva regulación pueden variar sensiblemente por la incidencia de diversos factores exteriores y macro que amenazan en este contexto globalizado.

Sin embargo, consideramos que es necesario avanzar en el conocimiento que los futuros cambios de la normativa energética puedan tener el sector de la madera, sector donde, como se puede observar en el estudio, existen disparidades muy profundas lo cual es normal de acuerdo a la génesis de cada empresa y su posición en el mercado.

La humanidad se enfrenta hoy a dos retos nuevos, que están muy relacionados: producir energía suficiente a medida que disminuyen las reservas mundiales de petróleo barato y, al mismo tiempo, prevenir un cambio climático catastrófico. Sin una actuación decidida orientada a una transición rápida hacia fuentes energéticas renovables se producirán conmociones climáticas y energéticas cada vez más graves que provocarán enormes trastornos en la agricultura, la industria y el bienestar general de la gente y, con el tiempo, dañarán la prosperidad y la estabilidad política de numerosas sociedades de todo el mundo.

Por desgracia, no hay una respuesta única para esta disyuntiva entre energía y clima. Y, como expresaba Thomas Homer-Dixon, director del Centro Trudeau de Estudios sobre la Paz y los Conflictos y catedrático de Ciencia Política en la Universidad de Toronto (Canadá): "aunque el dilema energético es el más complicado, hay que dejar de proponer ideas aisladas para resolverlo".

Nuestra contribución se da en un marco, en el sector de transformación de la madera, donde los cambios a los que tengan que enfrentarse dichas empresas, tendrán que resolverse de forma conjunta a través del diálogo y el entendimiento entre empresarios y sindicatos, y el apoyo de la administración.

Un agradecimiento a todas las personas e instituciones que nos han proporcionado la información básica para la elaboración de este informe. En la industria de la transformación de la madera intervienen una cadena de empresas, que se encuentran estrechamente relacionadas y que se dedican al aprovechamiento forestal, utilizando la madera para diversos usos de forma sostenible.

Tal como pone de manifiesto WWF/ADENA "la superficie de la tierra cubierta por bosques de cualquier tipo en el mundo ha sufrido un notable retroceso desde los años sesenta, con una pérdida del 10% de la cubierta forestal. Esto representa la desaparición de casi 150.000 kilómetros cuadrados de bosque cada año, el equivalente a un tercio de la superficie española. Pero la situación es bastante peor de lo que refleja esa cifra, porque los bosques, sobre todo los de zonas templadas, han experimentado en paralelo una reducción del número de especies que acogen, es decir un empobrecimiento de su biodiversidad".

En España, según el 3º Inventario Forestal Nacional de 1996, la superficie forestal ascendía a 26,3 millones de hectáreas, el 51% del territorio. Pero solo un 56% de esa superficie, 14,7 millones hectáreas, es superficie arbolada, el resto, 11,6 millones de hectáreas corresponde a una superficie que está tan escasamente arbolada, o es un arbolado malo, que no se puede considerar como bosque.

La industria de la madera en España abarca desde la transformación de la madera procedente del monte y del reciclaje de fin de vida útil, hasta la fabricación de productos de consumo final. Dentro de ésta, distinguimos entre industria de

primera transformación, que origina productos semi-elaborados (empresas de tableros, la fabricación de pasta de celulosa, de aserrado y preparación industrial de la madera) y de segunda transformación (empresas de envases y embalajes, de muebles, carpinterías...), que proporciona productos finales. De esta manera, el sector de la madera queda constituido como un importante referente industrial en cuanto al número de actividades y de empresas que lo componen.

El sector de la madera y el mueble cuenta con un peso del 4% dentro del total de la industria del país por el número de empresas que lo forman. Según el Directorio Central del Empresas del INE (Instituto Nacional de Estadística), un total de 38.267 empresas componen el sector de la madera, de ellas 20.955 se dedican a la fabricación de muebles y 17.312 a otros sectores de la madera. En cuanto al volumen de empleo que generan, de los 233.423 trabajadores del total, 135.827 corresponden al sector del mueble, es decir el 58%, y el resto, 97.596 trabajadores corresponden a otras industrias transformadoras de la madera, un 42%.

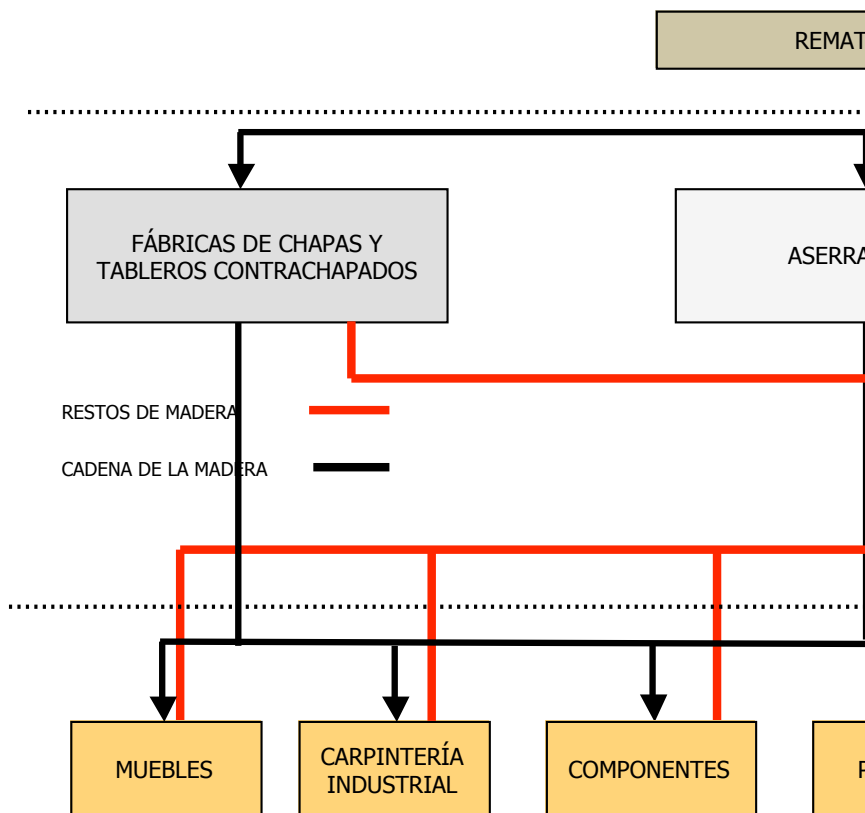
Dentro de estos sectores el más relevante por volumen de empleo es el de mueble con un 58%, estructuras de madera, un 22%, seguido por los de tableros y aserraderos, un 5% respectivamente, y finalmente el de envases y embalajes, un 4%.

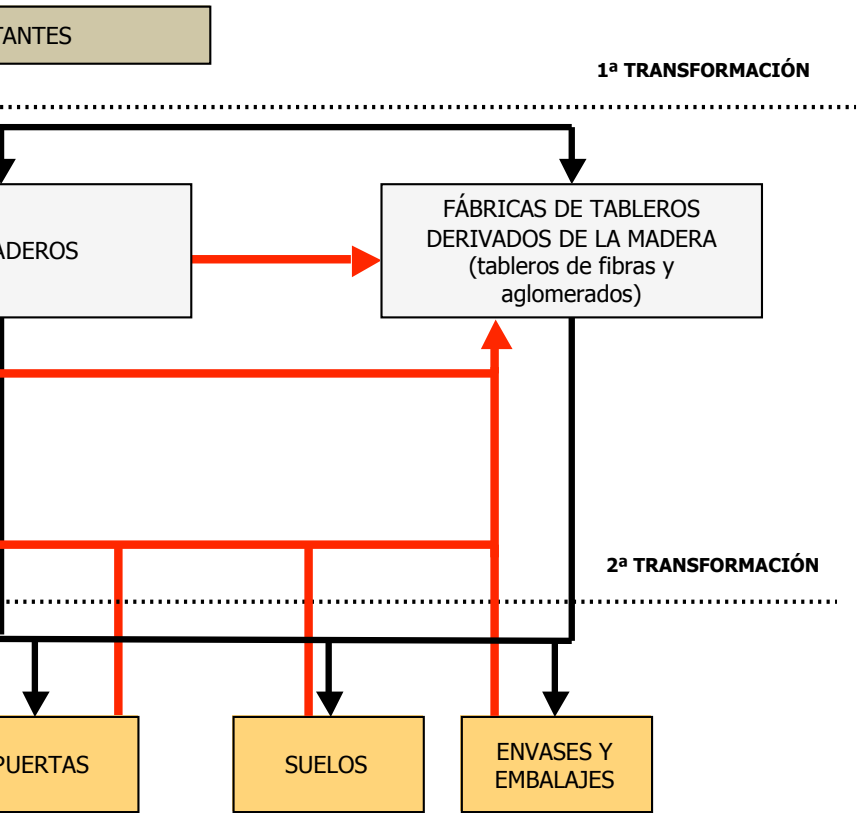
1.1 Análisis del subsector de explotaciones forestales

La media anual de trabajadores asalariados, según la EPA (Encuesta de Población Activa), se situó en torno a los 30.000 trabajadores en 2005 y los tres primeros trimestres de 2007 y de 39.400 trabajadores en el año 2006.

Evolución del empleo. Explotaciones forestales 2005-2007											
	2005				2006				2007		
	1TR	2TR	3TR	4TR	1TR	2TR	3TR	4TR	1TR	2TR	3TR
Miles Asalariados	31,7	22	30,9	34,6	35,3	37,6	43,5	41,1	30,2	25,3	29,1
Fuente: EPA.											

Los datos de la EPA sobre el sector de silvicultura, explotación forestal y actividades relacionadas (CNAE 02) indican una gran fluctuación estacional del empleo, con un fuerte incremento de las contrataciones en el tercer trimestre, por las campañas contra-incendios del verano, y en el cuarto trimestre por los trabajos silvícolas del otoño.





Una perspectiva temporal más amplia, que ofrece ASEMFO (Asociación Nacional de Empresas Forestales), en su IV Estudio de Inversión y Empleo en el Sector Forestal, indica una tendencia de leve descenso del empleo desde el año 2000, con la excepción del año 2006.

El empleo forestal se concentra en Andalucía, aproximadamente un tercio del total, Castilla-León, un 18%, Galicia, un 14%, y Castilla-La Mancha y Extremadura con un 11% cada una de ellas.

Se observa un claro incremento de la contratación de personal técnico, mientras el volumen de peones forestales claramente se ha reducido, y el personal especializado tiene en el año 2004 prácticamente volumen de empleo similar al del año 2000, debido en gran parte a la mecanización de las operaciones de aprovechamiento de la madera en monte.

1.2 Análisis del subsector de aserraderos y rematantes

La industria del aserrío ha existido en formas sencillas desde hace siglos, aunque ha sido en estas últimas décadas cuando se han producido importantes avances tecnológicos con la introducción de la electricidad, la mejora en el diseño de las sierras y, más recientemente, la automatización de la clasificación y otras operaciones.

Representan a la industria de primera transformación de la madera, una vez extraída la madera del bosque por los rematantes pasa a los aserraderos para su transformación.

Este subsector contaba en 2006 con 1.572 aserraderos y empresas de rematantes, según el DIRCE (Directorio Central de Empresas) del INE (a Encuesta Industrial de Empresas, también del INE, las reduce a 1.129) con un volumen de cortas que supera los 10.000.000 de m³ con corteza, y un volumen de madera aserrada de más de 3.500.000 de m³, según ARMADERA (Confederación Española de Aserraderos y Rematantes de Madera) -2006, y con un número de 10.700 puestos de trabajo.

La industria del aserrío en España ha experimentado con el paso de los años cambios notables desde el punto de vista técnico. En el pasado, los aserraderos

eran fundamentalmente empresas muy pequeñas, de marcado carácter familiar y localizado en el entorno rural próximo a los montes. En muchos casos, estas empresas familiares experimentaron una evolución positiva que desencadenó una modernización tecnológica de los procesos y de la organización de la estructura empresarial.

No obstante, y a pesar del progreso tecnológico experimentando, el subsector del aserrío en España está constituido por pymes y micropymes, por lo que es muy necesario agilizar los procesos que contribuyan a potenciar la competitividad de estas industrias que durante años, y aún hoy, siguen contribuyendo con su actividad al desarrollo de las zonas rurales donde se encuentran ubicadas.

Estructura empresarial del subsector de aserraderos		
	Número de empresas	% sobre total
De 0 a 9 trabajadores	1.273	81%
De 10 a 199	298	19%
Más de 200	1	-
Total	1.572	100%
Fuente: DIRCE 2006.		

Como se puede observar el 81% de las empresas tiene menos de 10 trabajadores, y solo hay una empresa de más de 200 trabajadores. Esta atomización y modernización de su estructura empresarial esta detrás de la evolución negativa del empleo en el sector en los últimos años.

Evolución del empleo, nº de empresas y producción 2001-2006			
Año	Nº de Empresas	Empleo	Total ingresos (millones €)
2001	1.436	12.922	1.196,1
2002	1.292	12.408	1.156,0
2003	1.267	11.717	1.165,5
2004	1.200	12.008	1.270,0
2005	1.135	11.166	1.178,5
2006	1.129	10.713	1.210,4
Fuente: Encuesta Industrial INE			

En la tabla anterior se observa una disminución progresiva en el número de empresas, 300 desde 2001 hasta 2006, y del empleo, 2.209 en ese periodo, en los últimos años, mientras la producción ha permanecido prácticamente estancada en ese periodo.

Ello ha sido debido a que la madera en España cada vez es de peor calidad y más cara, lo que ocasiona el cierre por falta de materia prima y/o tecnología apropiada para el aprovechamiento de la escasa madera que sirve para aserrar. A pesar de la evolución negativa, en términos de empleo que tiene el subsector de los aserraderos, es un eslabón básico en la industria de la madera en la primera transformación.

Este subsector está especialmente sensibilizado con el medio ambiente y las condiciones de los montes, dada su íntima relación con los mismos, por ser su fuente de su materia prima, y por ello es el principal interesado en el fomento de una gestión forestal sostenible, p.e. a través de la certificación de Cadena de Custodia.

El subsector de aserraderos y rematantes contribuye con su actividad a la fijación de empleo de las zonas rurales donde se ubica. Asimismo defiende una actuación en el sector forestal que promueva:

La mejora de las condiciones de los montes en lo relativo a accesos (pistas forestales, vías de saca, etc.),

- El fomento de la ordenación de los montes y con ella, la definición de los distintos usos de la propiedad forestal.
- La mejora de las condiciones de limpieza de las masas forestales y cuidados culturales en términos generales, ya que todo ello se traduciría en una mayor riqueza forestal, aumentando de una forma muy sustancial de la calidad de la madera y de la capacidad de aprovechamientos forestales en nuestros montes.

I.3 Análisis del subsector del tablero

Subsector del tablero

El subsector del tablero (entendiendo como tal, al integrado por los tableros de partículas, tableros de fibras, tableros contrachapados, listonados, etc.) en España, según el DIRCE, en 2006 estaba representado por 509 empresas de diversas

dimensiones y representan el 12% de la industria de la madera (la Encuesta Industrial de Empresas, también del INE, las reduce a 416). Todas estas empresas dan empleo a un total de 12.789 personas.

Aunque nos referiremos siempre al sector del tablero en España, es importante tener en cuenta la cada vez más estrecha relación que tienen entre los fabricantes españoles con los portugueses.

Actualmente el sector del tablero concentra su producción en los tableros de partículas, más del 70% de los tableros que se fabrican son de este tipo, y en segundo lugar están los tableros de fibras, un 24%, y por último el tablero contrachapado y el macizo, que representan solo el 6%.

Los subsectores dentro del sector del tablero derivado de la madera



Fuente: ANFTA.

La dificultad, cada vez más creciente, para encontrar trozas de madera de dimensiones lo suficientemente grandes, la industrialización de los artesanos carpinteros, y las necesidades cada vez más exigentes del mercado, ha dado lugar a planteamientos basados en la unión de piezas de madera de dimensiones más pequeñas. Como resultado de esto, se desarrolló el tablero contrachapado, producto que permite resolver problemas estructurales que no se habían podido lograr hasta el momento con madera maciza. No obstante en el tablero contrachapado, la longitud de la troza de la que se obtiene la chapa es limitada.

18

Con los procesos de fabricación de tableros de partículas y fibras se pueden satisfacer a aquellos productos de madera que demandan componentes con una mayor superficie.

La denominación genérica de tableros de madera engloba a un amplio número de tableros cuyas propiedades y aplicaciones son muy variadas. Sobre la base de las diferencias entre los procesos aplicados, se distinguen en los tableros manufacturados tres grandes categorías: tableros de contrachapado, tableros de partículas y tableros de fibra, además de los tableros alistonados y de virutas que se fabrican en mucha menor medida.

Tipos de tableros		Descripción
Alistonados		Tablero formado por listones de madera de longitudes iguales o diferentes, unidos entre sí mediante adhesivo, siendo la anchura y el grosor de los listones iguales dentro del mismo tablero
Contrachapados		Tablero formado por chapas de madera encoladas de modo que las fibras de dos chapas consecutivas formen un determinado ángulo.
Tablero de partículas o tablero aglomerado		Tablero formado por partículas de madera o de otro material leñoso, aglomeradas entre sí mediante un adhesivo y presión, a una temperatura adecuada.
Tableros de virutas		Tablero formado por virutas de madera aglomeradas entre sí mediante un adhesivo y presión a una temperatura adecuada.
Tableros de fibras	Densidad media (mdf)	Tableros formados por fibras lignocelulósicas aglomeradas con resinas sintéticas u otro adhesivo adecuado y prensado en caliente. (600 – 800 Kg/m ³)
	Duros	Tableros formados por fibras de madera cuya densidad varía entre 0.8Y 1 g/cm ³

Fuente: ANFTA

De un total de 509 empresas del subsector del tablero, solo 282 tienen menos de 10 trabajadores, un 55,5%, porcentaje muy inferior al que representan estas pequeñas y microempresas en el conjunto del sector de la madera y el mueble, un 86,9%.

El número de empresas de entre 10 y 199 trabajadores, de este subsector es de 221, un 43,5%, frente a un 13% del conjunto de la industria de transformación de la madera.

Estructura empresarial del subsector de tableros			
N° de trabajadores	N° de empresas tablero	% sobre total tablero	% sobre total madera y mueble
De 0 a 9	282	55,5%	86,9%
De 10 a 199	221	43,5	13%
Más de 200	6	1%	0,1%
Total	509	100%	100%
Fuente: DIRCE 2006.			

Hay seis empresas fabricantes de tableros de más de 200 trabajadores, el 1% del total, un porcentaje seis veces superior al que representan las grandes empresas en toda la industria del mueble y madera. Esas seis grandes empresas fabricantes de tableros lo son de tableros de fibras y partículas.

Hoy en día en la mayoría de países de la UE, la utilización de madera maciza para la fabricación de muebles, ha pasado a ser sustituida, casi en su totalidad, por tablero, que permiten una mayor y mejor industrialización que la madera maciza.

La modernización del sector del mueble fue el gran impulsor del auge de la industria del tablero. Las técnicas básicas de fabricación de contrachapado se conocen desde hace muchos años, aunque el término contrachapado no vino a ser de uso común hasta 1920, cuando su fabricación adquirió importancia comercial. A partir de los años 50 del siglo pasado, se inicia la difusión de la utilización del tablero, sus primeras aplicaciones se limitaron a la obra interior (tabiques y suelos), posteriormente fueron extendiéndose al campo de la construcción.

Subsector de los tableros derivados de la madera (tableros de partículas y fibras)

Los tableros derivados de la madera, son productos de fácil manejo y múltiples aplicaciones, llegando a ser la base, imprescindible, en la industria del mueble, la ebanistería y la decoración, donde, según ANFTA (Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros), más del 70% de los materiales utilizados son tableros. Un tablero de madera es una pieza donde predominan la longitud y la anchura sobre el espesor y en la que el elemento constitutivo principal es la madera.

Como se puede observar en el mapa adjunto, los principales centros de fabricación de tableros de partículas y fibras se encuentran cerca de zonas boscosas, para reducir los costes de transporte de la materia prima. Sobre todo en Galicia, y Castilla-León, y en mucha menor medida, en Castilla-La Mancha, C. Valenciana, Aragón, País Vasco, Andalucía y Cataluña.



Fuente: ANFTAMDF: tableros de fibras de densidad media.

TFH: tablero de fibras de alta densidad.

TP: tablero de partículas

En España, la industria de los tableros derivados de la madera utiliza procesos productivos de alta tecnología, que aprovechan los residuos de la industria de la madera de primera y segunda transformación de la madera, y el reciclado de embalajes y palets, reintegrándolos en la cadena de fabricación.

Según ANFTA las posibilidades de un mayor aprovechamiento de los residuos en el monte por las cortas de la madera y el incremento de la recogida en los puntos limpios de madera, podrían probablemente situar el porcentaje de madera residual en un nivel del 80% en los próximos años.

A continuación se muestra una tabla donde se suministra información de la evolución del consumo, de materias primas de estas industrias de tableros desde el año 1999 hasta 2006:

Evolución del consumo de madera por productos							
Años	Reciclado de palets y embalajes (cajones, cajas, madera de demolición,...)		Subproductos 1ª transformación (serrines, astillas, costeros)		Subproductos 2ª transformación (recortes, virutas, etc.)		TOTAL
	m³	% s/tot.	m³	% s/tot.	m³	% s/tot.	
1.999	140.000	5,6%	1.881.000	73,5%	526.000	20,9%	2.547.000
2.000	180.000	6,7%	1.911.000	71,4%	586.000	21,9%	2.677.000
2.001	535.852	13,7%	2.703.922	69%	675.981	17,3%	3.915.755
2.002	721.765	17,5%	2.716.944	66%	679.236	16,5%	4.117.945
2.003	930.511	22%	2.638.774	64%	581.839	14%	4.151.124
2.004	1.068.914	27%	2.305.267	58,2%	586.444	14,8%	3.960.625
2.005	1.191.562	29,4%	2.373.142	58,6%	484.859	12%	4.049.563
2.006	1.295.255	30,5%	2.498.798	59%	444.235	10,5%	4.238.288
Fuente: ANFTA.							

La industria del tablero, en el año 2006 utilizó 4.238.288 m³ de madera. Según se puede apreciar en esta tabla, las necesidades de materias primas del subsector del tablero dependen básicamente del aprovechamiento de los residuos de la industria de la primera transformación, esto es corteza, serrín, costeros y leñas de los aserraderos, aunque con un descenso notable en los últimos años, que ha hecho que el volumen de esta materia prima se haya reducido en más de 200.000 m³ desde 2002, ya que su peso en el mix de materia prima se ha reducido en 14 puntos desde 1999.

Es relevante la evolución creciente en la utilización de madera reciclada originada por palets y embalajes, que ha multiplicado casi por 10 el volumen de esta madera que se utiliza para fabricar tableros. Esto ha obligado a las empresas del sector a realizar importantes inversiones en maquinaria de recogida adaptada, clasificación y limpieza, etc.

En apariencia, la fabricación de tableros parece sencilla. El proceso consiste en la utilización de partículas o fibras de madera más resinas y energía. Para obtener una producción a escala industrial es necesaria una maquinaria de alta tecnología. Estos procesos tecnológicos permiten el aprovechamiento al máximo de toda la materia prima utilizada, incluso la madera de reducido diámetro que suele desecharse en la operación de corta, optimizando el uso de los subproductos forestales.

Es necesario señalar; que los incrementos del negocio del sector de los tableros viene marcado por ser un producto industrializado y normalizado de demanda creciente, además la evolución tecnológica de los procesos que permite un mejor y más eficiente aprovechamiento de los recursos.

Esto convierte a la industria del tablero (aglomerados y MDF) en una industria que aprovecha al máximo los restos generados por los otros eslabones de la industria de la madera, tales como madera y fibras en forma de aserrín, virutas o recortes de madera que proceden de cualquier proceso de transformación de la madera.

También es necesario señalar que, en términos medioambientales, el sector del tablero es una parte importante de la cadena de almacenamiento de CO_2 , ya que según ANFTA, por cada m^3 de tablero aglomerado se fijan 648 Kg. de CO_2 y además, una parte de los combustibles utilizados para la generación de la energía necesaria para la producción de tableros, proceden de la biomasa: para la producción de calor y electricidad se utilizan residuos de biomasa.

El consumo de energía se utiliza para dos funciones: electricidad para mover la maquinaria, y calor para el secado y el prensado. Estas necesidades energéticas, en algunos casos, se cubren con plantas de cogeneración propias, suministros externos de electricidad y calderas convencionales. Un alto porcentaje de los combustibles

utilizados proceden de la biomasa con el consiguiente ahorro de combustibles fósiles y una reducción de emisión de gases nocivos a la naturaleza.

I.4 Análisis del subsector de recuperadores de madera

Es de sobra conocido el hecho de que se producen diariamente ingentes cantidades de desperdicios, tanto en las ciudades como en las zonas rurales. Teniendo en cuenta que la mayor parte de estos residuos son de carácter orgánico, es decir, constituyen la denominada biomasa residual, se puede llegar a comprender el hecho de que las grandes cantidades de residuos que no se aprovechan y contaminan el ambiente puedan constituir un enorme potencial para la producción de energía.

En líneas generales, si se considera de forma conjunta toda la actividad humana, se puede estimar aproximadamente que se producen unas 2 toneladas de residuos de todo tipo por habitante y año, con un poder energético de unos 9.000 Kw/h y año, equivalente a unos 800 litros de gasolina. Por otro lado, y con respecto a las basuras urbanas, es de destacar que cerca de la mitad de su peso está constituido por materia orgánica, y su producción media por habitante y año oscila entre los 600 y los 800 kg, con un valor energético de unos 2.500 Kw/h y año. Obsérvese que una familia media gasta al año sólo en electricidad unos 3.000 Kw/h.

El tratamiento de los residuos, en general, es una actividad costosa y tanto las instituciones públicas como las empresas privadas no han llevado a cabo esta labor con eficacia, bien por falta de una legislación adecuada o por carencia de medios económicos, el total de empresas de reciclaje de desechos no metálicos es de 181 empresas.

En concreto el subsector de la recuperación de la madera es un sector muy pequeño, integrado mayoritariamente por empresas familiares, apenas 35 empresas en 2006, según ASERMA (Asociación Española de Recuperadores de Madera).

No obstante, la recuperación de los residuos de madera aún no ha generado un subsector empresarial muy estructurado y consolidado. Su posición en el proceso productivo es bastante marginal, aunque actualmente se están produciendo cambios muy importantes. La creciente implicación de empresas y

ayuntamientos en la gestión de residuos de madera, provocan que el recuperador tradicional se convierta en una figura clave. A nivel empresarial, también se están produciendo cambios, se está pasando de un modelo de recuperación simple a otro más integrado donde, dentro de la misma empresa, se recuperan, además de madera otros residuos, lo que eleva la capacidad de acopio en residuos y permite diversificar la recuperación.

Las operaciones de recogida, clasificación, acondicionamiento y almacenamiento que llevan a cabo las empresas de reciclado, aportan valor medioambiental y económico que beneficia a las empresas que utilizan estos residuos como materias primas, principalmente por el subsector del tablero. No hay información sobre datos de madera recuperada y su destino, pero según informa ASERMA el 90% de la madera que se recupera es utilizada por el subsector del tablero.

Indudablemente un incremento de los precios de los residuos de madera podría suponer un importante incentivo económico para que este sector se desarrollara y generara más empleo.

Según reconoció ASERMA en su 2º Encuentro Nacional de la Recuperación en 2006: *"la problemática del sector es la baja diversificación de usos finales (fabricación de tableros, producción de energía y elaboración de compost...), el mercado de venta de la madera recuperada está muy concentrado en el sector de fabricación de tablero y este, a su vez, está compuesto por un número reducido de importantes empresas y, que el precio de venta de la madera recuperada en España es muy bajo, no compensando casi los gastos de gestión, debiendo repercutir parte de la financiación de los costes de recuperación al generador del residuo aunque hay que decir, que esto es algo previsto en la legislación de residuos de la UE: Quien contamina paga. Como parte positiva no podemos desaprovechar la oportunidad que nos brinda el mercado energético"*.

El aprovechamiento de los residuos con fines energéticos en los lugares en que se producen, arroja las siguientes ventajas:

- Los residuos forman parte de un tipo de biomasa que ya existe (no hay que producirla) y cuya eliminación es un problema grave y de solución costosa.
- En muchos casos, la biomasa residual está concentrada en lugares determinados por lo que, si se utiliza cerca del sitio de acumulación genera unos costes de transporte muy reducidos.

- De carácter ambiental, como son la eliminación de plagas, olores, mejora del paisaje y reducción de la contaminación del aire, agua y suelo

El incremento y tecnificación de las empresas de recuperación de madera podría ayudar a cubrir parte de la mayor demanda de madera residual, siempre y cuando se asuma el ajuste de precios necesario para garantizar la rentabilidad de sus inversiones.

Un incremento del precio de la madera residual podría generar una mayor oferta por parte de las empresas de recuperación de madera.

1.5 Análisis del subsector de muebles

La industria del mueble cuenta con un peso muy relevante en el conjunto del sector de la madera.

Tipo de actividad	Nº de empresas	Nº de empleados
Fabricación del mueble	20.955	135.827
Total empresas madera	38.267	233.423
Fuente: CONFEMADERA-Confederación Española de Empresarios de la madera.		

Aunque en la mayoría de los casos, se trata de un sector integrado por pymes, estas empresas cuentan con una marcada experiencia y especialización, resultando por tanto una industria competitiva en el conjunto de la industria del mueble europea.

Por Comunidades Autónomas, la Comunidad Valenciana y Cataluña constituyen los dos grandes focos productivos del país, con más del 50% del total, mientras que el resto de la fabricación se diluye por el resto de la geografía española.

No obstante, esta industria no está libre de amenazas como la creciente importación. Países como Italia y Alemania exportan más que España y además China introduce mucho mueble en nuestro país.

Las exportaciones españolas de muebles han sufrido en 2006 un descenso del 2,5%, con 1.467 millones de euros en ventas, mientras que las importaciones han ascendido a 2.328 millones de euros, con un crecimiento del 3,8%.

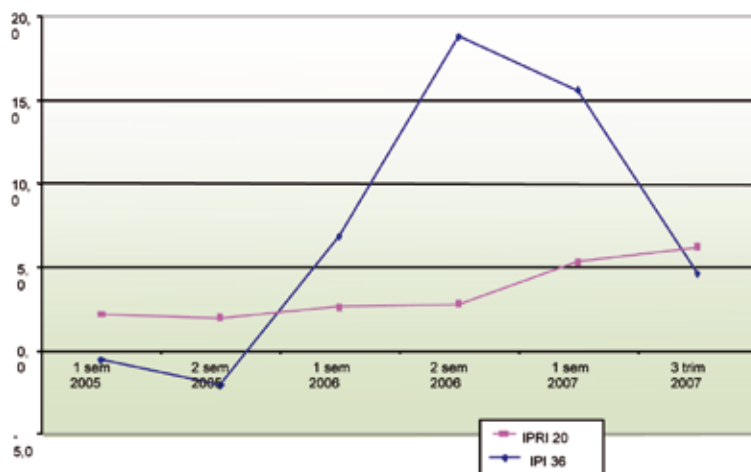
Estos resultados muestran que, a pesar de que el ritmo de crecimiento de las importaciones está sufriendo una desaceleración (en 2005 el incremento de las importaciones españolas de muebles fue del 21%), el saldo de la balanza comercial española sigue siendo negativo en -860 millones de euros, lo que sitúa la tasa de cobertura en un 63,1%.

Estas industrias además, constituyen uno de los principales nichos de mercado de los tableros ya sean tableros macizos y tableros derivados de la madera.

En relación a los precios, como se observa al comparar la evolución de la producción de muebles (IPI 36) con la evolución de los precios de los demás sectores de transformación de la madera (IPRI 20), en los últimos tres años no hay una relación lineal clara entre unas magnitudes y otras, si bien es cierto que en el tercer trimestre de 2007 el menor crecimiento de la producción de muebles coincide con un incremento de los precios del resto de sectores de transformación de la madera, se puede observar claramente que durante los años 2005 y 2006, con un incremento de precios similar, entre el 2 y el 3%, la producción de muebles ha tenido grandes oscilaciones, de una reducción de la producción del 2% en el segundo semestre del año 2005 a un incremento del 19% en los últimos seis meses de 2006.

Evolución de la producción de muebles (IPI 36) y de los precios del resto de industrias de transformación de la madera (IPRI 20).

27

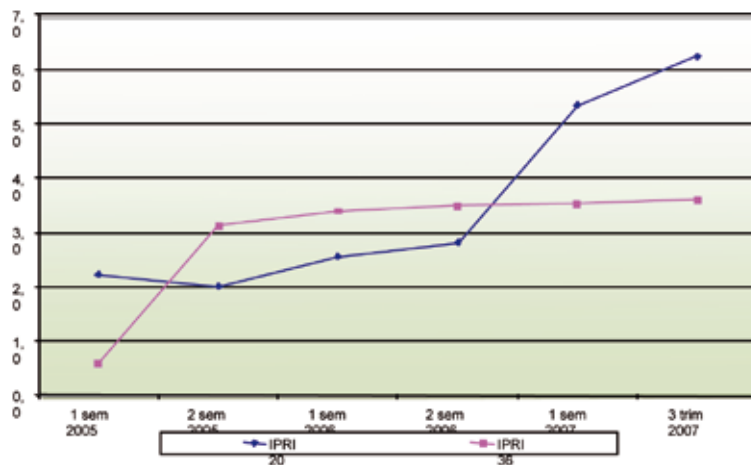


Fuente: INE.

Tampoco la evolución de precios del sector del mueble (IPI 36) y el resto de industrias de la madera (IPRI 20) parecen seguir evoluciones paralelas, ya que el incremento de los precios del resto de las industrias de transformación de la madera experimentado en 2007 no ha tenido efectos, por ahora, en la evolución de los precios de venta de los muebles. Esto puede ser debido a que en el mueble intervienen otros elementos de valor, como el diseño y los acabados, y además sufre un proceso de elaboración y estocaje largo.

28

Evolución precios sector de la madera (IPRI 20) y mueble (IPRI 30).



Fuente: INE.

DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR BIOMASA EN ESPAÑA Y PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO

29

En primer lugar hay que definir que se entiende por biomasa, es la abreviatura de "masa biológica", comprende una amplia diversidad de tipos de combustible energético, generados por la fotosíntesis, que se obtienen directa o indirectamente de recursos biológicos. La biomasa comprende una amplísima gama de materiales orgánicos que son incorporados y transformados por el reino animal, incluido el hombre. El hombre, además, la transforma por procedimientos artificiales para obtener bienes de consumo. Todo este proceso da lugar a elementos utilizables directamente, pero también a subproductos que tienen la posibilidad de encontrar aplicación en el campo energético. A cada tipo de biomasa corresponde una tecnología diferente; así, la biomasa sólida, como es la madera, se quema o gasifica, mientras que la biomasa líquida, como aceites vegetales, se utiliza directamente en motores o turbinas, y la biomasa húmeda se puede convertir biológicamente en gas de combustión.

La importancia principal que tiene la biomasa es su capacidad de regeneración, es decir que estamos frente a un recurso renovable, no es un producto finito, siempre y cuando se realice una gestión sostenible de este recurso natural. La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía se puede recuperar por combustión directa, o transformando la materia orgánica en otros combustibles.

Los combustibles fósiles –carbón, gas natural y petróleo- también tienen su origen en la biomasa. Su peculiaridad es que se trata de biomasa de otros momentos de la historia de la tierra, atrapada por los procesos geológicos entre los materiales rocosos y, por tanto, retirada del flujo permanente de captación y liberación en la superficie terrestre.

La utilización de biomasa en la producción energética devuelve a la atmósfera el CO_2 que el árbol absorbió durante su vida, por tanto su aprovechamiento es neutro respecto a las emisiones de CO_2 . No supone la introducción de carbono en la biosfera desde depósitos situados en su exterior.

En la medida que sustituya a otras fuentes de generación de electricidad basadas en los combustibles sólidos, significa una aportación a la reducción de las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero, ya que su saldo de emisiones netas de CO_2 es cero. Esto, ya es un gran avance en la larga tarea de reducción de emisiones, ya que España está muy alejada de los compromisos del Protocolo de Kyoto.

Los compromisos contraídos por España en el marco del Protocolo de Kyoto establecían que en nuestro país las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en 2012 no superarían el 15% del nivel emitido en 1990, considerado como año base.

Es conveniente tener en cuenta que, habitualmente, cuando se habla de emisiones se hace mayor referencia al Dióxido de carbono (CO_2), porque es el que más se emite, pero los gases de efecto invernadero, a los que se refiere el protocolo son, además: el Metano (CH_4), el Óxido Nitroso (N_2O), los Carburos hidrofluorados (HFC), los Carburos perfluorados (PFC) y el Hexafluoruro de azufre (SF_6). Para calcular el total de emisiones se convierten las emisiones de esos gases a toneladas de CO_2 .

La situación que actualmente se presenta es, según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases Contaminantes del Ministerio de Medio Ambiente, que las emisiones de GEI en el año 2006 eran un 48% más elevadas que las de 1990, según el Informe de Sostenibilidad en España 2006, publicado por el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) de la Universidad de Alcalá.

No solo somos el país desarrollado que más ha visto crecer sus emisiones desde 1995 hasta 2003, también las emisiones de gases de efecto invernadero de nuestro país han crecido, en ese periodo, más que los principales países en vías de desarrollo como China, India o Brasil.

Si bien hay que tener en cuenta que el año 2006 fue el primer año en el que se redujeron las emisiones de CO_2 en nuestro país en los últimos 10 años, ello fue debido principalmente al excepcional invierno de altas temperaturas. Parece que este año se han vuelto a incrementar, aunque aún no se disponen de los datos del inventario de emisiones para 2007, según estimaciones de la revista World Watch, que siempre adelanta estos datos con absoluta fiabilidad.

Emisiones equivalentes CO ₂ 1995-2003.	
(1995=100%)	2003
España	133
India	132
Brasil	127
China	125
Corea del Sur	124
Australia	124
Canadá	120
Méjico	119
Sudáfrica	115
Total mundial	115
EE.UU.	112
OCDE	111
Italia	110
Francia	109
Japón	109
EU25	105
Reino Unido	101
Alemania	98
Rusia	96
Fuente: OCDE	

El origen antropogénico del incremento de emisiones de CO₂ esta aceptado tanto en el mundo científico como en el político. Hay que tener en cuenta que en los dos últimos siglos la concentración de dióxido de carbono (CO₂), el más importante de los gases de efecto invernadero por su volumen de emisiones, un 77% del total, en la atmósfera ha pasado de 280 partes por millón (p.p.m.) a más de 400 p.p.m. en la actualidad. Con un ritmo de incremento, en la última década, de un 2% anual, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) para obtener energía, a la agricultura intensiva y a la deforestación, es decir por la acción del hombre. Esta alta concentración nunca se había alcanzado en los últimos 650.000 años.

Los efectos ya se están sintiendo, como indican los datos de que la temperatura media de la superficie terrestre se ha incrementado en algo más de medio grado desde 1976, o que en la última década se hayan registrado los nueve años más cálidos desde hace 150 años. Ello está generando un deshielo acelerado del polo norte (en el último año la superficie helada se redujo en un tamaño similar al de la península ibérica); un aumento de los episodios de sequía, lluvias torrenciales y huracanes en diferentes zonas del planeta que entre los años 2004 y 2005 afectó a más de 300 millones de personas; una clara elevación del nivel del mar durante el siglo XX (entre 10 y 20 centímetros, según las zonas), ya que el calentamiento aumenta el volumen de las moléculas de agua; es decir un brusco cambio de los ecosistemas de la tierra, lo que va a afectar profundamente a todas las formas de vida.

Pero lo que está por venir es mucho peor, según el informe Stern, solicitado por una institución tampoco proclive a generar alarmismo medioambiental como el gobierno británico, tan solo la elevación de un grado de la temperatura media del planeta, que se alcanzará cuando se llegue a concentraciones de 430 ppm de CO₂ supondrá: el incremento de la desertificación en el Sahel (esa enorme región africana al sur del Sahara de 4 millones de km² que atraviesa África de Oeste a Este, desde Mauritania hasta Sudan, donde viven más de cien millones de personas); la desaparición de los glaciares de montaña en todo el mundo, lo que generará problemas de agua a los 50 millones de personas que viven en su entorno; graves daños para los ecosistemas de los arrecifes coralinos; y en general una notable reducción del rendimiento de los cultivos en muchas regiones pobres, lo que incrementará el riesgo de hambre en millones de personas, y por tanto una indudable presión migratoria hacia otras zonas. Al ritmo actual de incremento de emisiones de gases de efecto invernadero se alcanzarán concentraciones de CO₂ de 430 ppm en el año 2010.

Concentraciones de CO₂ de 450 ppm, que supondrían la elevación de temperaturas hasta dos grados, que es previsible que se produzcan en torno al año 2015, tendrían las siguientes consecuencias: extender el riesgo de hambre, por el deterioro de los cultivos, a gran parte de África y al Oeste de Asia, en torno a trescientos millones de personas; el comienzo de una fusión irreversible de la capa de hielo en Groenlandia; el incremento en la intensidad de tormentas, incendios

forestales, sequías, inundaciones y olas térmicas. Todas estas modificaciones de los ecosistemas harán que hasta un 40% de las especies lleguen a estar amenazadas de extinción. Particularmente para nuestro país, la sequía y el calor supondrán una reducción de un 20% de las cosechas, como en toda Europa del Sur.

Una elevación de las temperaturas hasta tres grados, fruto de concentraciones de CO₂ de 550 ppm, que se alcanzarían en el año 2030, si el ritmo de crecimiento de las emisiones fuera algo inferior al de la última década, significará, además de lo anterior: una importante acidificación de los océanos que reducirá las capturas de pesca; que el riesgo de padecer hambre se haya extendido a 500 millones de africanos y asiáticos, debido al menor rendimiento de los cultivos derivado de la escasez de agua, y que el número de muertes por malnutrición pasaría de 4 a 7 millones de personas; 60 millones de personas más expuestas a la malaria en África, lo que puede generar 500.000 nuevos casos anuales y afectar incluso al sur de la península ibérica; una reducción del agua de los ríos mediterráneos y África del Sur superior al 30%; el inicio del colapso del bosque amazónico; que el 50% de las especies estén amenazadas de extinción; 170 millones de personas afectados por el incremento del nivel del los mares y océanos.

Por tanto, es evidente el esfuerzo que debe realizarse para potenciar las energías renovables, con el objetivo tanto de reducir las emisiones de los países ricos, como de ofrecer una alternativa energética al alcance de los países en vías de desarrollo.

Un adecuado desarrollo de la generación de energía eléctrica a partir de biomasa dependerá de los recursos económicos que se destinen para movilizar la tecnología más apropiada, y al mismo tiempo de la disposición de los recursos de biomasa necesarios para su despliegue.

2.1 La biomasa: fuente renovable de generación de energía eléctrica

Los compromisos derivados del Protocolo de Kyoto implican una importante apuesta de nuestro país por las energías renovables que quedó plasmado en el objetivo de la UE de que dichas fuentes cubran, al menos, el 12% de la demanda total de energía en el año 2010.

El Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010 situó el objetivo de que en el año 2010 un 29,4% de la electricidad de nuestro país fuera de origen renovable.

Pero en 2004, casi en el ecuador temporal del plan, apenas se había cumplido un 28,4% del objetivo global de incremento de las energías renovables planteado para el año 2010. A finales de 2004 las energías renovables apenas representaban un 6,9% (Datos provisionales del PER 2005-2010.) del consumo de energía primaria, tan solo unas décimas más que en 1998.

La biomasa, para usos térmicos y para generar electricidad (sin considerar los biocombustibles y el biogás), ha sido, junto con la energía solar térmica, la fuente energética renovable que más lejos se sitúa del cumplimiento de los objetivos planteados, su incremento en 2004 apenas significaba un 9% del plan previsto.

En contra suya está el hecho de que opera con enormes volúmenes combustible, lo que encarece su consumo debido al transporte, aunque por otro lado constituye un argumento en favor de su utilización fundamentalmente local, y sobre todo rural, cerca de donde se obtiene la biomasa.

El escaso desarrollo de la biomasa, teniendo en cuenta la importancia relativa de esta, según reconoce el IDAE, supone un serio condicionante para las posibilidades de cumplimiento del Plan de Energías Renovables (PER) 2000-2010.

Ello hizo que la revisión del PER realizada en 2004, diera lugar a un nuevo Plan, el PER 2005-2010.

El PER 2005-2010, en primer lugar; rebajó los objetivos de generación eléctrica a través de centrales de biomasa, pasando de 5.100 ktep en el periodo 1999-2010 a tan solo 3.374 en ese periodo, y se planteó, como novedad, que 1.552 ktep se podrían generar a través de la co-combustión, es decir la quema de biomasa en tradicionales centrales térmicas de carbón, previa modificación de la Ley 54/97.

Aún con estos cambios la biomasa es la principal fuente sobre la que descansa la apuesta por las renovables del país, muy por delante, incluso, de la energía eólica. Según el PER 2005-2010 la biomasa debería producir el 48% del incremento de generación de energía primaria de fuentes renovable, porcentaje que se eleva al 59% si solo se tienen en cuenta los objetivos de incremento de generación de electricidad. En el año 2010 la biomasa debería aportar 5.138 ktep, mientras que la energía eólica tan solo 3.914 ktep.

Esto es lo que justifica que la contribución de la biomasa al PER 2005-2010 se estime en un 45% del objetivo global de energías renovables, 9.208 ktep frente al total de 20.220 ktep.

La potencialidad energética de la biomasa es muy grande, según Greenpeace (Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular) en el año 2050 la biomasa podría aportar el 50% de la demanda eléctrica peninsular; y comunidades autónomas como Castilla-León, Castilla-La Mancha, Aragón y Extremadura podrían ser autosuficientes solo por la energía eléctrica creada en su territorio mediante biomasa, en Navarra Rioja y Galicia la aportación de la biomasa podría representar entre un 70 y un 80% de la demanda eléctrica, en Andalucía un 50%, y en el resto de CC.AA. su aportación sería inferior al 40%.

La importancia de la biomasa como fuente energética en el mix de renovables es fundamental porque, al contrario de las energías eólica y solar, la biomasa es fácil de almacenar y, por tanto es la única que puede aportar energía de modo continuo independientemente de que sea día o noche, haya viento ó mareas, aportando garantía de suministro, que es el principal hándicap actual de las energías renovables.

Así mismo el PER 2005-2010 se esforzó para diseñar medidas que pudieran hacer posible que la generación de energía eléctrica a partir de biomasa alcance los objetivos planteados para 2010, de 14.015 GWh de generación bruta, hasta representar un 4,2% del total de la generación, partiendo de que las cifras de 2004 aún suponían tan solo 2.193 GWh, apenas un 0,8% del total.

Suecia obtiene ya un 10 % de su energía de desechos forestales y agrícolas, y Finlandia, el 14 %. EE.UU. tiene instalados más de 9.000 MW para generación de energía eléctrica a partir de la biomasa, obtiene el 4% de la energía que necesita de esta fuente. Aunque evidentemente estos porcentajes alcanzados en estos países están muy vinculados a la gran cantidad de bosques de que disponen y a su cultura y tradición forestal.

Escenario tendencial del per sobre. Generación bruta de electricidad				
	2004 Datos reales		2010 Previsión	
	GWh	%	GWh	%
Carbón	80.254	29,1	46.616	14
Petróleo	24.037	8,7	9.150	2,7
Gas natural	54.831	19,9	111.877	33,5
Nuclear	63.523	23,1	63.705	19,1
Hidráulica	33.499	12,1	38.186	11,4
Biomasa	2.193	0,8	14.015	4,2
R.S.U.	1.223	0,4	1.223	0,4
Eólica	15.056	5,5	45.511	13,6
Solar fotovoltaica	57	0	609	0,2
Biogás	825	0,3	1.417	0,4
Solar termoelectrica	0	0	1.298	0,4
Total	275.497	100	333.607	100
Fuente: PER 2005-2010.				

Hay tener en cuenta que las previsiones de uso de biomasa para uso térmico indudablemente también pueden generar modificaciones en los precios de las materias primas, al incrementar la demanda de madera, pero que no son objeto de este estudio, ya que el RD 661/2007 no recoge ninguna prima para fomentar su utilización. Si bien es cierto que desde el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) existen ayudas económicas para el uso de biomasa térmica doméstica y no para el uso industrial.

En relación con la biomasa destinada a la generación de electricidad se sitúa un objetivo de crecimiento, en el periodo 2005-2010, de potencia instalada de 1.695 MW, de los cuales 973 corresponden a la generación de electricidad en instalaciones de biomasa eléctrica, y 722 a la puesta en marcha de un programa de co-combustión para la combustión conjunta de biomasa y carbón en las centrales térmicas existentes.

Las estimaciones del PER es que dichos objetivos permitirán que en el año 2010 se eviten la emisión de 2,5 millones de toneladas de CO₂ por las centrales de biomasa, y 4,8 millones por la co-combustión, y de forma acumulada en el periodo 2005-2010 5,6 millones de tn por las centrales de biomasa, y 11,7 tn por la co-combustión.

A pesar de este reducido impulso a la utilización de la biomasa se ha incrementado de forma importante el número de empresas del sector; que en la actualidad engloba a 104 empresas, siendo empresas del sector de la madera y el papel las que más MW tanto eléctricos como térmicos, aportan al conjunto de los objetivos del PER, sin tener en cuenta el biogas y los biocarburantes.

2.2 Escasas posibilidades de cumplimiento del plan de biomasa

No obstante, estos datos se basan en que se alcancen los objetivos de cumplimiento de la generación eléctrica por biomasa del PER 2005-2010, que tienen el siguiente horizonte temporal:

Incrementos anuales	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total 2005-10
Potencia biomasa eléctrica (MW)	10	40	95	210	285	333	973
Producción biomasa eléctrica (GWh)	69,8	348,8	1.011,4	2.476,1	4.464	6.786,7	15.156,7
Potencia (MW) co-combustión	0	50	125	125	200	222	722
Producción (GWh) co-combustión	0	348,8	1.220,6	2.092,5	3.487,5	5.036	12.185,3
Fuente: PER 2005-2010							

Con el objetivo final de que en el año 2010 haya un incremento de la producción de electricidad generada a partir de biomasa de 27.342 GWh, y 1.695 nuevos MW de potencia instalada.

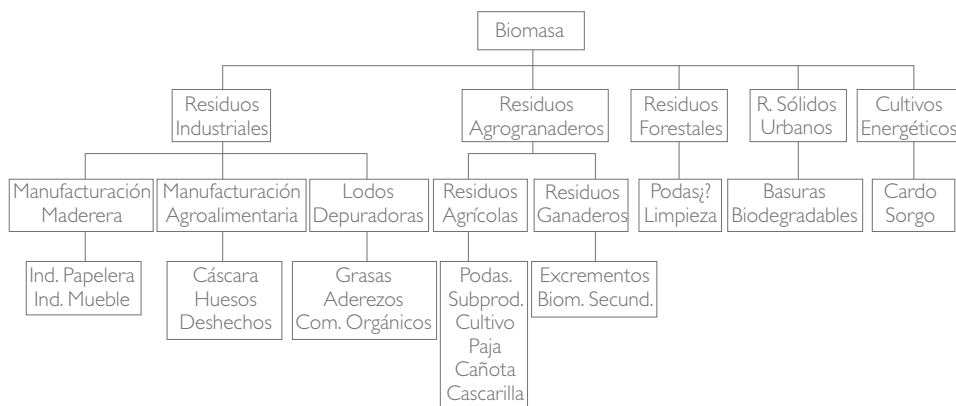
No parece que los datos de cumplimiento de los dos primeros años del PER 2005-2010 hayan modificado la tendencia a incumplir los objetivos del PER anterior:

Cumplimiento del PER 2005-2010 en cuanto a Biomasa en 2005 y 2006			
Incremento 2004-06	Previsión PER	Datos reales	Grado de cumplimiento
Potencia MW	100	47	47%
Producción GWh	767,4	262	34%
Fuente: PER 2005-2010 y Memoria 2006 IDAE.			

Como se puede ver, a través de la información facilitada por el IDAE en su Memoria de 2006 en los dos primeros años del PER 2005-2010, apenas se han cumplido la mitad de las previsiones de instalación de potencia de centrales de biomasa y co-combustión, y lo que es más grave, ya que indica que se están instalando centrales que producen menos de lo previsto, tan solo se han cumplido un tercio de los objetivos de producción de electricidad, que es el mejor indicador del grado cumplimiento del PER. De poco sirven nuevas centrales de biomasa que no estén en funcionamiento por falta de suministro o de rentabilidad.

2.3 Diferentes tipos de Biomasa

En relación con la producción de energía a partir de biomasa, tan solo nos referiremos, de todos los tipos de biomasa, a las previsiones que estiman la generación de electricidad a partir de residuos forestales, residuos de industrial forestales y cultivos energéticos forestales, ya que serían las únicas que podrían distorsionar los precios de la materia prima que se utiliza en los procesos de primera transformación de la madera y con ello en toda la cadena de valor del sector madera y mueble.



La utilización de biomasa de origen agrícola (residuos agrícolas y de la industria agroalimentaria) no supone una competencia con los subsectores de transformación de la madera, aunque un excesivo desarrollo futuro, situación que en absoluto se produce actualmente, podría generar problemas en relación al uso alternativo de los suelos para la producción de alimentos y a la fertilidad de los mismos.

Objetivos de incremento de la Biomasa 2005-2010		
	Potencia Instalada (MW)	Energía Primaria (ktep)
Residuos forestales	60	462
Residuos agrícolas	200	1.330
Residuos de industrias forestales	100	670
Residuos de industrias agrícolas	100	670
Cultivos energéticos	513	1.908,3
Co-combustion	722	inc. en total
Total	1.695	5.040,3*
*Incluye 582,5 ktep destinadas a aplicaciones térmicas, un 11,5% del total. Fuente: PER 2005-2010.		

Residuos forestales

El RD 661/2007 define los residuos forestales como aquellos “Residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes. Biomasa residual producida durante la realización de cualquier tipo de tratamiento o aprovechamiento selvícola en masas forestales, incluidas cortezas, así como la generada en la limpieza y mantenimiento de los espacios verdes”

El RD 661/ 2007 establece una tarifa y una prima específica para las “Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes”, que cataloga como subgrupo b.6.3.

Residuos industriales forestales

El RD 661/2007 define los "Productos incluidos en el subgrupo b.8.2, Biomasa procedente de instalaciones industriales del sector forestal:

1. Residuos de las industrias forestales de primera transformación.
2. Residuos de las industrias forestales de segunda transformación (mueble, puertas, carpintería).
3. Otros residuos de industrias forestales.
4. Residuos procedentes de la recuperación de materiales lignocelulósicos (envases, palets, muebles, materiales de construcción,...)"

El RD 661/ 2007 establece una tarifa y una prima específica para las "Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector forestal", que cataloga como subgrupo b.8.2. Esta tarifa y prima son inferiores a las fijadas para el subgrupo b.6.3.

Cultivos energéticos

El RD 661/2007 define los cultivos energéticos como:

- a. "Cultivos energéticos agrícolas: Biomasa, de origen agrícola, producida expresa y únicamente con fines energéticos, mediante las actividades de cultivo, cosecha y, en caso necesario, procesado de materias primas recolectadas. Según su origen se dividen en: herbáceos o leñosos.
- b. Cultivos energéticos forestales: Biomasa de origen forestal, procedente del aprovechamiento principal de masas forestales, originadas mediante actividades de cultivo, cosecha y en caso necesario, procesado de las materias primas recolectadas y cuyo destino final sea el energético".

El RD 661/ 2007 establece una tarifa y una prima específica para las "Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de cultivos energéticos", que cataloga como subgrupo b.6.1.

2.4 La co-combustion

Ante las dificultades para cumplir los objetivos de generación eléctrica a partir de centrales de biomasa, el PER 2005-2010 contempla para el año 2010 un importante volumen de potencia instalada, 722 MW y de generación de electricidad mediante la co-combustión, 12.185 GWh, es decir la quema de biomasa en sustitución de carbón en las centrales térmicas convencionales.

De hecho RD 661/2007 establece que las tarifas y primas definidas para los subgrupos b.6, b.7 y b.8 serán de aplicación para la co-combustión de biomasa en la proporción que se use, que en ningún caso puede superar del 10% de la producción de electricidad, según la regulación aprobada en el año 2005.

En gran medida las posibilidades de su desarrollo dependerán de las respectivas regulaciones autonómicas.

2.5 Desarrollo de la generación de electricidad mediante biomasa forestal

En lo relacionado con la biomasa de origen forestal por parte del sector de la madera y pasta y papel, concretamente fabricantes de tableros aglomerado y de fibras y productores de pasta y papel, han ido evolucionando tecnológicamente para aprovechar cada día más sus recursos de una forma integral. En este sentido, ambos sectores producen hoy en día la mayor parte de los MW eléctricos instalados en nuestro país mediante biomasa, y una parte muy destacable de los MW térmicos que emplean directamente para autoabastecer de la energía necesaria a su proceso productivo. Entendiéndose por biomasa la forestal residual, cultivos energéticos forestales, residuos de industrias forestales y las ligninas fruto del proceso de fabricación de la pasta.

Por parte de la industria de la pasta y papel, el grupo ENCE (Empresa Nacional de Celulosas de España) tiene instalado en Navia (Asturias) 50 MW y en Huelva (Andalucía) otros 30 MW.

Por parte del sector del tablero aglomerado hay un total de 24 MW eléctricos distribuidos en distintas plantas: Jaén, Soria y Cuenca (ambas pertenecientes al grupo Acciona), Valladolid y Galicia. Y lo que es más destacable los 458 MW térmicos que producen para autoabastecer en un 52% de energía a sus fábricas.

En cuanto a centrales de biomasa independientes, esto es, no ligada al proceso productivo, en la actualidad tan solo existe una la de Allariz en Allariz, Ourense, impulsada por el ayuntamiento de Allariz, cuya escasa, por no decir nula, rentabilidad económica a hecho que sea vendida en 2007 al grupo energético gallego Norvento. La empresa compradora de Allariz reconocía que los problemas de estas centrales derivan de que: "no hay un mercado estable que

asegure el abastecimiento de materia prima, y las primas al kilovatio verde no tienen en cuenta las peculiaridades de la recogida de la biomasa”.

Asimismo se podría considerar la planta de Acciona en Sangüesa, Navarra, la planta más grande de estas características del Sur de Europa, que si bien inicialmente se diseñó para que el 100% de combustible fuera paja, podría, con los sistemas auxiliares necesarios, aceptar un 5% de materia prima de madera.

Pero el propio Departamento de Medioambiente, Ordenación del Territorial y Vivienda del gobierno de Navarra reconocía la dificultad de usar biomasa de origen forestal: “la utilización de potencial procedente de residuos forestales es compleja, ya que la extracción de biomasa de los montes no es fácil y resulta muy costosa con las tarifas actuales. Para hacer viable cualquier explotación de aprovechamiento energético (de uso térmico y eléctrico) es preciso no cargar al mismo las labores de extracción.”

Iberdrola tiene previsto construir la próxima central de biomasa forestal de España en el año 2008 en Guadalajara (Castilla-La Mancha), de 2MW, con apoyo publico, aunque posiblemente no entre en funcionamiento hasta 2009.

Acciona también tiene el objetivo de desarrollar tres proyectos, que suman una potencia de 55 MW. Estarían situados en Briviesca (Burgos), Valencia de Don Juan (León) y Almazán (Soria), en los tres su consumo de residuos leñosos se prevé que alcance el 20% de la materia prima utilizada. En la medida que estiman un radio de suministro de materia prima de entre 75 y 100 kms por central, las dos primeras cubrirían casi la totalidad de la zona boscosa del norte de Castilla y León (Burgos, Palencia y León). Ninguno de los tres proyectos de Acciona empezaría a funcionar antes de finales de 2009, y dos de ellos con seguridad no antes de finales de 2010.

En Andalucía hay prevista una central de 15 MW de potencia, en Archidona, que utilizaría como combustible residuos forestales, podas de olivo y de jardín. Sería construida por Iberdrola, pero no empezaría a funcionar antes de 2010,

También Iberdrola tiene otro proyecto, de 7,7 MW, en As Somozas, (Galicia) que de momento esta parado, a la espera de la concesión definitiva de la Xunta

de Galicia, y como pronto empezará a funcionar para el antes del 2010. Aunque la previsión de la Xunta es la instalación de 7 centrales, con una potencia total de 80 MW, iniciarían su construcción en el año 2008, con una previsión de 1.000.000 de toneladas de biomasa forestal. Lo que se desconoce es si en este plan están incluidas otras pequeñas centrales que puedan instalar las propias industrias de transformación de la madera.

Asimismo en el País Vasco, el Ente Vasco de la Energía tiene prevista la instalación de tres plantas de biomasa forestal en el Plan Energético de Euskadi 3E-2010, aunque en la actualidad no hay ningún proyecto concreto.

De llevarse a cabo todos estos proyectos estaríamos hablando apenas de 20,7 MW, sin considerar la planta de Archidona ni las otras seis plantas de Galicia y las tres del País Vasco, en las que aún no está especificado el volumen de abastecimiento de residuos forestales, apenas un 13% de los 160 MW previstos. (Con los proyectos de la Xunta se llegaría al 58%, pero no hay ninguna garantía de su operatividad en 2010 ni del volumen de residuos forestales que pudieran utilizar.)

Por tanto parece evidente que los objetivos, para el año 2010, de generación de energía eléctrica mediante biomasa forestal no se van a cumplir: La dificultad de llevar los proyectos del papel a la realidad estriba en que la mayor parte de los cálculos de rentabilidad oficiales se estiman a partir de los residuos forestales (15 euros por tonelada, según el IDAE, o de 8 a 12 euros por tonelada, según el CENER (Centro de Energías Renovables) de Navarra aproximadamente representan la mitad del precio real esa materia prima.

Hay que recordar que el propio IDAE estima (Biomasa: cultivos energéticos. Madrid, 2007), a partir de un estudio de la Universidad Politécnica de Madrid y de CESEFOR (Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su industria de Castilla y León) que los costes de obtención de biomasa en monte alto se sitúan entre 33 y 50 euros la tonelada, según el sistema de extracción.

CAMBIOS EN LA REGULACIÓN DE LA REMUNERACIÓN DE LA BIOMASA EN EL NUEVO REAL DECRETO 661/2007

Es necesario recordar que el Real Decreto 661/2007, viene precedido del Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, "por el se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial", que a su vez modificaba el Real Decreto 2818/1998 que fue aprobado en paralelo al Plan de Energías Renovables (PER) 2000-2010.

La regulación establecida en el RD 436/2004 se ha demostrado claramente insuficiente para alcanzar los objetivos de generación de energía eléctrica a partir de biomasa, contenidos en el PER 2005-2010, ya que en la actualidad apenas se había cumplido en un 9%.

La aprobación del nuevo PER 2005-2010 es consecuencia de este nuevo Real Decreto, cuyas modificaciones más relevantes en relación con la energía eléctrica generada a partir de biomasa son un incremento de las tarifas y primas a las que se remunera esta energía renovable, una diferenciación de las plantas por tramos de potencia eléctrica instalada, la autorización para la hibridación de combustibles, y el desarrollo de sistemas de certificación del origen de los combustibles utilizados.

3.1 Modificación de los grupos de tarifas del anterior real decreto

En el anterior RD 436/2004 se establecían tres subgrupos de instalaciones cuyo combustible principal biomasa tenía origen en la biomasa forestal:

- El subgrupo b.6.1 que se refería a los cultivos energéticos, que pueden ser agrícolas o forestales.
- El subgrupo b.6.2 que se refería a residuos de actividades agrícolas, o de jardinerías, o de aprovechamientos forestales.
- El subgrupo b.8.2 que se refería a biomasa procedente de instalaciones industriales del sector forestal.

En el nuevo RD 661/2007 se mantiene igual la definición de los grupos b.6.1 y b.8.2:

- Subgrupo b.6.1: "Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de cultivos energéticos."
- Subgrupo b.8.2: "Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector forestal".

Y se produce una ligera modificación del subgrupo b.6.2 al desagregarlo en dos subgrupos, el b.6.2, que se refiere a residuos agrícolas o de jardineras y el b.6.3 que específicamente se refiere a residuos forestales:

Subgrupo b.6.3: "Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes".

Esta diferenciación para las centrales que utilicen residuos de biomasa como combustible tiene como objeto incrementar el apoyo a las centrales que usen residuos forestales, ya que el tratamiento retributivo se mejora, frente a las de residuos agrícolas. Tanto en la tarifa regulada, con un incremento del 14,5%, como en la prima de referencia para las que vendan la electricidad en el mercado, que se incrementa en mayor medida que la de residuos agrícolas. El límite superior de la prima de referencia a recibir por kwh aumenta en un 15,9%, y el inferior, en un 14,2%.

3.2 Clasificación de plantas por escalas de potencia

La nueva regulación aporta mejoras estructurales fundamentales para el despegue de la generación de electricidad a partir de biomasa. Ahora hay una clasificación de plantas mucho más coherente y cercana a la realidad.

Antes no se tenía en cuenta la escala de potencias de las centrales, se remuneraba igual la electricidad de una central que tuviese 2 MW de potencia, o de una que tuviese 25 MW, cuando las condiciones de unas y de otras son sensiblemente distintas.

Ahora tienen un tratamiento diferenciado, lo que facilitará más el desarrollo de las pequeñas plantas, óptimas para regiones rurales alejadas de los polos de actividad económica y frecuentemente deprimidas, sobre todo aquellas con tecnologías de gasificación.

En concreto en las centrales susceptibles de usar biomasa de origen forestal se observa un mayor incremento de la tarifa regulada, de las primas de referencia, y de sus límites superior e inferior; en las centrales de menos de 2 MW de potencia que en las de una potencia instalada superior:

Por ejemplo, en el caso de las centrales que utilicen cultivos energéticos la tarifa para las centrales pequeñas se incrementa en un 5,4% durante los primeros 15 años, mientras que para las centrales más grandes de 2 MW se reduce en un 2,6%.

Y en el caso de las centrales que utilicen biomasa de industrias forestales la tarifa para las centrales pequeñas se incrementa un 29,9% durante los primeros 15 años, mientras que para las centrales más grandes de 2 MW no se modifica.

3.3 Incremento de la remuneración de la energía generada a partir de biomasa forestal

En el artículo 24, del RD 661/2007, "Mecanismos de retribución de la energía eléctrica producida en régimen especial" se establece la forma por la cual las empresas acogidas a este régimen pueden acogerse a las ayudas establecidas, una tarifa especial en el caso de que opten por ceder la electricidad al sistema, una prima sobre el precio de venta en el caso de que vendan la electricidad en el mercado:

- I. "Para vender, total o parcialmente, su producción neta de energía eléctrica, los titulares de instalaciones a los que resulte de aplicación este real decreto deberán de elegir una de las opciones siguientes:
 - Cederla al sistema a través de la red de transporte o distribución, percibiendo por ella una tarifa regulada, única para todos los períodos de programación, expresada en céntimos de euro por kilovatio-hora.
 - Vender la electricidad en el mercado de producción de energía eléctrica. En este caso, el precio de venta de la electricidad será el precio que resulte en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o representante de la instalación, complementado, en su caso, por una prima en céntimos de euro por kilovatio-hora.

2. En ambos casos, el titular de la instalación deberá de observar las normas contenidas en la sección 2ª de este capítulo IV, y le será además de aplicación la legislación normativa y reglamentación específica del mercado eléctrico."

Posteriormente en el artículo 27 establece la forma de calcular la prima para las instalaciones que opten por vender la electricidad al mercado, entre las cuales pueden estar las que utilicen biomasa de origen forestal como combustible:

- I. "La prima a que se refiere el artículo 24.I.b, consiste en una cantidad adicional al precio que resulte en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o el representante de la instalación.
2. Para ciertos tipos de instalaciones pertenecientes a la categoría b), se establece una prima variable, en función del precio de mercado de referencia.

Para éstas, se establece una prima de referencia y unos límites superior e inferior para la suma del precio del mercado de referencia y la prima de referencia. Para el caso de venta de energía a través del sistema de ofertas gestionado por el operador de mercado, así como para los contratos de adquisición entre los titulares de las instalaciones y los comercializadores cuya energía es vendida en el sistema de ofertas, el precio del mercado de referencia será el precio horario del mercado diario. Para el resto de posibilidades contempladas en la opción b) del artículo 24.I, el precio del mercado de referencia será el precio que resulte de acuerdo a la aplicación del sistema de subastas regulado en la Orden ITC/400/2007, de 26 de febrero, por la que se regulan los contratos bilaterales que firmen las empresas distribuidoras para el suministro a tarifas en el territorio peninsular.

- I. Para valores del precio del mercado de referencia más la prima de referencia más la prima de referencia comprendidos entre el límite superior e inferior establecidos para un determinado grupo y subgrupo, el valor a percibir será la prima de referencia para ese grupo o subgrupo, en esa hora.
- II. Para valores del precio del mercado de referencia más la prima de referencia inferior o igual al límite inferior, el valor de la prima a percibir será la diferencia entre el límite inferior y el precio horario del mercado diario en esa hora.
- III. Para valores del precio del mercado de referencia comprendidos entre el límite superior menos la prima de referencia y el límite superior, el valor de la prima a percibir será la diferencia entre el límite superior y el precio de del mercado de referencia en esa hora.

IV. Para valores del precio del mercado de referencia superiores o iguales al límite superior o iguales al límite superior, el valor de la prima a percibir será cero en esa hora.”

Las tarifas y primas en el nuevo RD 661/2007, recogidas en el artículo 35, resultantes para centrales que usen biomasa forestal son las siguientes:

Subgrupo	Potencia instalada	PLAZO	TARIFA Regulada (c€/kWh).	Prima de Referencia (c€/kWh)	Limite Superior (c€/kWh)	Limite Inferior (c€/kWh)
b.6.1	$P \leq 2 \text{ MW}$	primeros 15 años	15,8890	11,5294	16,63	15,41
		a partir de entonces	11,7931	0,0		
	$2 \text{ MW} \leq P$	primeros 15 años	14,6590	10,0964	15,09	14,27
		a partir de entonces	12,347	0,0		
b.6.3	$P \leq 2 \text{ MW}$	primeros 15 años	12,571	8,2114	13,31	12,09
		a partir de entonces	8,4752	0,0		
	$2 \text{ MW} \leq P$	primeros 15 años	11,8294	7,2674	12,26	11,44
		a partir de entonces	8,066	0,0	0,0	0,0
b.8.2	$P \leq 2 \text{ MW}$	primeros 15 años	9,28	4,9214	10,02	8,79
		a partir de entonces	6,51	0,0	0,0	0,0
	$2 \text{ MW} \leq P$	primeros 15 años	6,508	1,9454	6,94	6,12
		a partir de entonces	6,508	0,0	0,0	0,0

3.4 Comparativa de las primas RD 436/2004 vs. RD 661/2007

Las principales conclusiones que se extraen respecto a las modificaciones de tarifas y primas del RD 661/2007:

- Se produce un fuerte incremento de la tarifa para las centrales que utilicen cultivos energéticos a partir del año quince. De un 44,8% en las centrales de menos de 2MW de potencia y de un 47,3% en las centrales de más de 2 MW de potencia. De esta forma se intenta potenciar particularmente esta biomasa.
- En general, se produce una reducción del diferencial de tarifa y prima entre el grupo b.6.3, de residuos forestales, y el b.8.2 de biomasa de industrias forestales. Por ejemplo en el caso de las centrales del subgrupo b.6.3 la tarifa para las centrales pequeñas durante los primeros 15 años se incrementa un 14,5%, y la prima en un 34,2%, mientras que para las del subgrupo b.8.2 la tarifa lo hace en un 29,9% y la prima en un 76,4%.
- Se modifican los tramos temporales establecidos en el anterior RD 436/2004 en los que se establecían tarifas y primas mayores antes de los veinte años, e inferiores tras ese plazo.

En el actual RD esa diferenciación temporal se adelanta cinco años, lo que reduce a largo plazo los incentivos económicos para esas empresas, al cobrar antes una tarifa inferior. Pero a cambio los mayores incrementos de tarifa y prima se producen en el periodo a partir de los 15 años.

Por ejemplo, en el caso de las centrales que utilicen cultivos energéticos la tarifa para las centrales pequeñas se incrementa en un 5,4% durante los primeros 15 años, mientras a partir de ese año lo hace en un 44,8%.

Y en el caso de las centrales que utilicen residuos forestales la tarifa para las centrales pequeñas durante los primeros 15 años se incrementa un 14,5%, mientras que a partir de ese año lo hace en un 23,2%.

- Se observa un importante incremento de la tarifa y de las primas para las centrales más pequeñas, sobre todo del subgrupo b.8.2, cuya tarifa durante los primeros 15 años se incrementa un 29,9%, y la prima un 76,4%.

No obstante, a pesar de estos importantes incrementos de tarifas y primas con respecto a las cantidades resultantes del anterior Real Decreto, que son necesarios para aumentar los márgenes de rentabilidad de las centrales generadoras de energía eléctrica a partir de biomasa de origen forestal, esta aún por ver que sean suficientes para que se cumplan los objetivos del PER 2005-2010.

Como se puede observar, la asignación de precios finales no será una tarea sencilla, sobre todo si tenemos en cuenta que la hibridación de combustibles hace aún más complejos los cálculos de la rentabilidad de cada una de las instalaciones, al depender de otras tarifas y primas provenientes de otros subgrupos. Asimismo está todavía por determinar las primas que fijará cada Comunidad Autónoma a la co-combustión en su territorio.

3.5 Hibridación de combustibles

El RD 661/2007, en su artículo 23, permite la hibridación de combustibles, antes las plantas de biomasa no podían consumir más que un tipo de recurso, ya fuese paja, sarmiento de las vides, residuos forestales u otro. De modo que para poder recibir los suministros de las específicas materias primas que iban a utilizar, con garantía de que los costes logísticos no impidieran su rentabilidad, tenían que estar ubicadas en las escasas zonas donde esas materias primas específicas fuesen muy abundantes.

De este modo, los proyectos antes no eran viables fuera de esas áreas geográficas concretas. Ahora, las plantas de biomasa podrán abastecerse de materias primas con flexibilidad, de modo que pueden aprovechar los variados recursos de su área de aprovisionamiento, y pueden adaptarse a los cambios de cultivos, o al impacto del cambio climático en ellos.

3.6 Sistema de certificación y trazabilidad

En la medida que la retribución de la electricidad variara en función del combustible, incluso en una misma instalación, el RD 661/2007 establece la exigencia de desarrollar un sistema de certificación.

“Disposición final cuarta. Desarrollo normativo y modificaciones del contenido de los anexos.

Se autoriza al Ministro de Industria, Turismo y Comercio a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para el desarrollo de este real decreto y para modificar los valores, parámetros y condiciones establecidas en sus anexos, si consideraciones relativas al correcto desarrollo de la gestión técnica o económica del sistema así lo aconsejan.

En particular se autoriza al Ministro de Industria, Turismo y Comercio a dictar cuantas instrucciones técnicas sean necesarias **para establecer un sistema de certificación de biomasa y biogás considerados para los grupos b.6, b.7 y b.8, que incluya la trazabilidad de las mismas**".

Este sistema de certificación es crucial para evitar utilizaciones indebidas, según demanda y reconoce todo el sector de la madera así como el de productores de biomasa, necesario para propiciar el nacimiento de mercados logísticos de biomasa.

No obstante a estos requisitos sería importante que el MITYC desarrolle lo antes posible el procedimiento de certificación de biomasa para evitar que puedan producirse actuaciones fraudulentas.

3.7 Co-combustión

Fruto de la modificación de la Ley 54/1997 a través del RD-Ley 5/2005, se permite que las centrales de carbón tradicionales puedan sustituir hasta un 10% de combustible fósil por biomasa. En este sentido, el RD661/07 establece en su artículo 46 y en la disposición transitoria octava, que las instalaciones térmicas de régimen ordinario, podrán utilizar como combustible adicional biomasa y/o biogás de los grupos b.6, b.7 y b.8 en los términos que figuran en el anexo II del mismo Real Decreto.

Asimismo reconoce que les serán de aplicación las primas correspondientes, solo en la parte proporcional a la electricidad producida atribuible a la biomasa.

Sin embargo, el MITYC deja en manos de las Comunidades Autónomas la capacidad de fijar la prima de retribución a estas plantas, situación que puede desencadenar planteamientos no uniformes en todo el territorio.

En la actualidad, a finales del año 2007, tan solo está previsto el estudio de un proyecto piloto de co-combustión en la central de Aboño, de HidroCantábrico Energía, que acaba de aprobarse, con la participación del Ministerio de Medioambiente, el IDAE, la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural del Principado de Asturias y HC Energía así como pruebas en la central de As Pontes, Galicia, convenio ya firmado entre la Xunta de Galicia, Endesa e IDAE. No parece

por tanto que en este campo se estén cumpliendo las previsiones del Plan que estimaban una generación de electricidad de 1.220,6 GWh en 2007, 2.092,5 GWh en 2008, 3.487,5 GWh en 2009 y 5.036 GWh en 2010.

Es claro el efecto positivo, en términos de reducción de emisiones de GEI, que tiene sustituir carbón natural por biomasa, por eso organizaciones ecologistas, como Ecologistas en Acción, apoyan su uso, con carácter temporal y haciendo hincapié en la utilización prioritaria de la biomasa forestal residual.

Pero también es evidente el bajo poder calorífico, por su bajo rendimiento termodinámico, de la biomasa residual, por lo que es necesario conocer con mayor precisión los rendimientos energéticos obtenidos. Ya que la movilización de grandes cantidades de biomasa en un radio de suministro muy amplio podría hacer que el balance energético fuera negativo, al necesitarse más energía para transportar la biomasa que la que ella generara. En todo caso, nunca debería contemplarse la importación de biomasa, y su transporte marítimo, para ser utilizada en la combustión.

REPERCUSIONES DE LA APLICACIÓN DEL RD 661/2007 EN EL SECTOR DE LA MADERA

53

La falta de un tratamiento adecuado de los bosques en los últimos treinta años debido a una falta de inversión pública, abandono de la población rural, falta de trabajadores especializados, ha hecho que grandes superficies de monte se hayan abandonado, y que están deteriorándose prematuramente, lo que incrementa el riesgo de plagas, enfermedades e incendios. En este sentido la biomasa se postula como una posible solución a este abandono del mundo forestal.

No obstante la principal dificultad estriba en los altos costes de extracción de estos residuos, como pone de manifiesto el estudio realizado por el IDAE, CESEFOR y la UPM que estima que ninguno de los diferentes modos de obtención de madera en monte alto tiene costes inferiores a 33€ por tonelada, un coste muy elevado en relación con su actual valor de mercado como producto residual.

Coste de obtención de biomasa en monte alto	
	Coste de obtención (€/t)
Saca de pies completos y astillado	42
Saca de restos y astillado fijo	33
Astillado móvil en monte	n.d.
Empacado en monte y astillado en fábrica	34
Extracción y aprovechamiento de tocones	50
Fuente: IDAE, CESEFOR y UPM.	

Esto debería hacer considerar a las administraciones, con el doble objetivo de lograr una mayor eficacia en la lucha contra incendios y facilitar el uso de este residuo, el establecimiento de ayudas para que el producto de limpieas y podas sea sacado del monte y puesto a disposición de los agentes que lo valoricen.

De este modo los tratamientos selvícolas, se podrían llevar a cabo en una superficie mayor; y de forma más habitual.

Como ponen en evidencia los cálculos del propio IDAE el coste de extracción de la madera de monte alto es muy alto, en torno a 30€ tonelada.

No obstante, también deberían establecerse límites, dentro de una concepción sustentable de la gestión forestal, a una excesiva extracción de los matorrales y de la biomasa arbustiva, en el caso de que llegara a reducirse la biodiversidad y a deteriorarse la conservación del suelo.

Desde el sector de la madera el desarrollo de la biomasa se ha observado desde una posición de cautela como conocedores del medio y su problemática se cuestionan la capacidad de movilizar estas nuevas biomásas sólo a través de una prima energética. Se considera muy interesante que realmente se movilice nuevas biomásas residuales, ya que esto repercutirá para bien sobre toda la cadena de transformación de la madera.

Sin embargo se duda mucho que desde un sector como el energético, que nada tiene que ver con la gestión forestal, se generen nuevos mercados en vez de distorsionar los ya existentes. Asimismo, desde el sector se está expectante porque se ve que con un buen desarrollo del RD 661/2007 puede incentivarse nuevos mercados y nuevos nichos de negocio para el propio sector.

En este sentido, el sector se muestra unánime en reclamar al MITYC el desarrollo de una instrucción técnica para controlar y certificar cada tipo de biomasa y qué tipo de primas recibe.

Además de la creación de un observatorio para la vigilancia de la evolución de indicadores que permitan detectar anticipadamente evoluciones de los mercados de la madera que puedan generar cambios bruscos con consecuencias económicas, sociales y medioambientales no buscadas. Así como la energía generada, hectáreas de repoblación con cultivos energéticos, biomasa residual aprovechada, procedencia de esta biomasa etc.

No obstante dentro del sector de la madera, sus distintos eslabones analizan esta normativa bajo distintos puntos de vista.

4.1 Sector de rematantes y aserrío

Desde este subsector empresarial se considera que la movilización de biomasa residual real como una forma importante de lucha contra los incendios, eliminando material combustible del monte. Se observa que debido a su gran volumen por unidad energética, lo que implica tener que recoger y transportar grandes volúmenes para obtener una cantidad de energía relativamente modesta, lo que hace necesario que se opere sobre una superficie considerable, como mínimo un radio de 50-70 Km.

Por el contrario, son conscientes de los posibles perjuicios sobre el sector que puede traer consigo una mala aplicación del RD, y en este sentido consideran que la biomasa debe de ser una línea de negocio de futuro paralela a la madera, que hasta ahora ha sido y es su único negocio.

Frente al RD 661/2007 se muestran conformes con la subida por un lado de la prima b.6.3 para biomásas forestales residuales pero sin embargo no están conformes con la evolución que ha tenido la prima de la b.8.2.

No obstante la diferenciación de estas dos primas es lógica, ya que el coste de extracción y comercialización de la madera residual en monte es mucho mayor que la comercialización de la madera residual en las fábricas de 1ª transformación de la madera, que además ya tiene un uso no siendo por tanto residual. Es en el monte donde existe un mayor volumen de madera residual desaprovechada.

4.2 Sector del tablero de partículas y fibras

Es el subsector de la cadena productiva que más ha manifestado sus temores a un incorrecto desarrollo de la biomasa y los perjuicios que podría acarrear para todo el sector:

Desde este subsector se ha tratado de aunar voces con el fin de potenciar el Kw eléctrico en origen no en destino, es decir, de primar la gestión forestal, el trabajo en monte que aporta riqueza directa al propietario, rematante y toda la cadena de trabajo más que primar al consumidor final que nada tiene que ver con el mundo forestal.

De esta forma, solicita una correcta aplicación del término “residual” cuando hablamos de biomasa forestal, entendiendo por esta todos aquellos residuos forestales que no son útiles en el proceso productivo. Es decir, se exige que se movilice nuevas biomásas, no que se modifique el uso de mucha biomasa que hoy en día utiliza como materia prima este sector:

La utilización de biomasa procedente de cultivos energéticos forestales, en general plantea varios riesgos, si bien la definición no liga su uso exclusivo energético como si lo hacen los agrícolas y deja una puerta abierta a que todo el monte se pueda denominar “cultivo energético” en vez de constituir superficies forestales nuevas plantadas con ese fin. Asimismo alerta con el problema de recursos hídricos que pueden derivarse ya que las especies forestales de crecimiento rápido que muchas veces se comentan, y que aparecían listadas en el anterior RD 436/2004 son especies que requieren de mucho agua para un rápido crecimiento.

Aunque no es el objeto de este estudio analizar los cultivos energéticos agrícolas, ya que no alteran los diferentes mercados de la madera merece la pena recordar que es muy discutida la conveniencia de los cultivos con fines energéticos, no sólo por su rentabilidad en sí mismos, sino también por la competencia que ejercerían con la producción de alimentos. Las dudas aumentan en el caso de las regiones templadas, donde la asimilación fotosintética es inferior a la que se produce en zonas tropicales. Aunque en España esa tensión indudablemente será menor porque la reforma de la PAC supondrá el abandono para el cultivo de alimentos de un volumen importante de hectáreas.

En España se ha estudiado de modo especial la posibilidad de ciertos cultivos energéticos agrícolas, especialmente del sorgo dulce y de la caña de azúcar; en ciertas regiones de Andalucía, donde ya hay tradición en el cultivo de estas plantas de elevada asimilación fotosintética, así como del cardo (*Cynara cardunculus*), aunque en todos los casos debe evitarse que estos cultivos incrementen la erosión del suelo uno de los problemas ambientales más graves en la península ibérica, que se produce a partir de pendientes del 2%.

No obstante, el problema de la competencia entre los cultivos clásicos y los cultivos energéticos no se plantearía en el caso de otro tipo de cultivo energético: los cultivos acuáticos. Una planta acuática particularmente interesante desde el punto de vista energético es el jacinto de agua, que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal (un centenar de toneladas de materia seca por hectárea y por año). Podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas (microfitos), que tendrían la ventaja de permitir un cultivo continuo. Así, el alga unicelular *Botryococcus braunii*, en relación a su peso, produce directamente importantes cantidades de hidrocarburos.

Pero estas reticencias son mucho menores para los cultivos energéticos forestales, ya que tienen, en general, una consideración positiva en términos medioambientales, sobre todo si van encaminados a la reforestación de zonas deterioradas por efectos de la erosión o por agotamiento de cultivos agrícolas intensivos. Tanto los de monte bajo, de reproducción por brotes de cepa o raíz, como los de monte alto, de reproducción por semilla. No obstante, el propio IDAE recomienda:

- Que sean plantas que se adapten a las condiciones edafo-climáticas del lugar donde se implanten, para obtener las mayores productividades.
- Que sean rentables económicamente, combinando alta productividad y bajos costes de producción,
- Que tengan fácil manejo y requieran técnicas y máquinas conocidas para los silvicultores.
- Que se extraiga de ellas más energía que la que se invierte en el cultivo y su puesta en la central de biomasa.
- Que no contribuyan a empobrecer el suelo.

El aprovechamiento energético de monte bajo a turnos cortos de biomasa de poco grosor en suelos de elevada fertilidad, ya que su explotación da lugar a una degradación continua de sus nutrientes.

Asimismo es importante tener en cuenta las disponibilidades presentes y futuras de agua, en un escenario tendencial de desertización de gran parte de la superficie de nuestro país.

Las ventajas fundamentales de los cultivos energéticos, incluidos los forestales es la predictibilidad de su disposición, y su concentración espacial, lo que asegura el suministro a menores costes, ya que permite una gestión más mecanizada.

Aunque sería necesario una mayor concreción en la definición de cultivos energéticos forestales, de forma que se destinen a este fin las especies de más rápido crecimiento, pero que menos deterioren el suelo.

Frente a la co-combustión, el sector tiene sus recelos ya que son plantas muy grandes que podrían llegar a desestabilizar el mercado de la madera de una zona ya que necesitarán cuantiosas cantidades de biomasa forestal residual o de cultivos energéticos forestales que en muchos casos no están disponibles.

Al igual que los demás eslabones de la cadena de la madera están seriamente preocupados por el control que va ejercer la administración para otorgar las primas. En este sentido, reclaman un correcto sistema de certificación de la biomasa tal como establece la disposición final cuarta.

4.3 Recuperadores de madera

Este subsector empresarial sólo se ve afectado en cuanto a que parte de su materia prima se engloba en la categoría b.8.2, ya que no es un sector que encontremos en el mundo forestal como tal.

De acuerdo con la legislación europea y nacional, los residuos siempre han de cumplir el precepto de 3R+V, esto es, no producir el residuo en primer lugar; reducirlo, reutilizarlo, reciclarlo y si esto no es posible como última alternativa estaría la valorización energética. En este sentido el RD 661/2007 debe primar aquellos residuos no peligrosos que cumplan esta premisa, es decir; no sea posible reutilizarlos o reciclarlos en otro proceso productivo.

En este sentido, por parte del sector se ha defendido el aumento de la prima de la b.8.2 tanto como las primas aplicadas a lo forestal, dado que es su materia prima y con ello podrían abrir otras líneas de negocio posibles.

No obstante desde este subsector se quiere trabajar de acuerdo a unos controles y certificaciones, y van más allá, proponiendo la creación de una nueva

figura "gestor de biomasa" que sean aquellos profesionales acreditados para mayor transparencia y control del sector:

4.4 Sector de fabricación de mueble y derivados (industria de 2ª transformación)

Este subsector es el eslabón que más valor añadido aporta al producto y con ello el sector clave tanto en resultados económicos como en número de empleo.

Además por sus características de PYME y microPYME, y la situación globalizada que vivimos, sea el sector que más afectado se pueda ver indirectamente por esta regulación.

Si bien a día de hoy no ven esta incidencia, si observan con preocupación las tensiones generadas en los eslabones precedentes como es el caso de los tableros, que constituyen su principal materia prima hoy en día. Sí además esta presión le unimos la que ya en la actualidad está sufriendo en un mercado muy competitivo principalmente frente al mercado asiático, que puja con precios muy a la baja gracias a una mano de obra en unas condiciones económicas terribles, el sector del mueble español se está viendo muy presionado y sujeto a cambios constantes.

El sector de puertas asimismo, no pasa por una buena coyuntura y una subida de su materia prima como es el tablero, derivaría en mayores problemas de los que está afrontando como es la fuerte reducción de empleo que está teniendo lugar.

Por último, todos los sectores implicados deberían hacer una reflexión: "¿Cuál es el verdadero precio de las cosas?"

Solo aquel que hace un balance teniendo en cuenta los beneficios y también todos los perjuicios. En este caso, tendríamos en un lado; la energía producida, y en el otro; la energía consumida en la extracción y preparación de la biomasa, la pérdida de biodiversidad, el balance de emisiones a la atmósfera, el empobrecimiento del terreno, los posibles desastres hidrológicos, la posibilidad de pérdida de puestos de trabajo, la escasez de materiales nobles y eco-eficientes.

No debemos olvidar que ningún elemento consumido es gratis

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS ANTE LA INCERTIDUMBRE DE LOS PROBABLES EFECTOS NEGATIVOS DEL RD 661/2007

Es evidente que si aumenta la demanda de madera y no se produce un incremento de la oferta de madera, los precios se incrementarían por encima de niveles aceptables. Para evitar esto, deben tomarse medidas que aumenten la oferta de madera, dentro de una gestión sostenible de los bosques, teniendo en cuenta:

- a. El desarrollo de los cultivos energéticos forestales.
- b. El incremento del reciclaje de madera.
- c. Una política de cuidado, limpieza y mantenimiento de bosques que aumente la oferta en los mercados de la madera residual forestal.

Para ello se debería tener en cuenta las siguientes conclusiones y consideraciones:

1. El cambio climático es el principal reto al que se enfrenta en la actualidad el ser humano, y debe tenerse muy en cuenta a la hora de analizar las políticas energéticas.

2. El impulso a la generación de energía eléctrica con fuentes renovables, dados los actuales desarrollos tecnológicos, debe considerar la biomasa como una fuente muy relevante, ya que ofrece una garantía de suministro que no ofrecen otras fuentes de energía renovable.

3. Un incremento de las tarifas y primas sobre el kwh producido por biomasa es necesario, dado el grado de incumplimiento de los objetivos de generación de electricidad por biomasa, en el año 2004 apenas se había logrado el 9% de objetivo de incremento planteado para el año 2010, y la falta de cumplimiento de nuestro país con los objetivos de emisiones adquiridos en el Protocolo de Kyoto.

4. Las modificaciones del RD 661/2007 suponen un mayor incentivo positivo, sobre todo a las centrales de biomasa de pequeño tamaño, de menos de 2 MW, y de aquellas que usen cultivos energéticos. Asimismo se permite la hibridación de combustibles.

5. En la actualidad no hay ninguna información que permita concluir que ha habido un encarecimiento de los precios de la madera tras el RD 661/2007, ni del anterior RD 436/2004. Aunque si se puede admitir que se pueden producir en el futuro, dependiendo del desarrollo futuro del consumo de biomasa forestal en la producción de energía.

6. El incremento de las tarifas y primas sobre kwh producido, si ofrece un suficiente margen de rentabilidad para las empresas que se dediquen a la generación de electricidad a partir de biomasa, posiblemente suponga un incremento de los precios relativos de un bien que es producto final de algunos sectores y materia prima para otros, lo que generará tensiones en diferentes mercados.

7. En principio parece que los subsectores de explotaciones forestales y de recuperadores se beneficiarán de un incremento del precio de sus productos, lo que puede generar un incremento de la oferta de madera.

8. El subsector de rematantes y aserraderos podría ver alterados los precios de la materia prima que compra en mayor medida que el producto final que fabrica, por las diferentes tarifas y primas. Esto podría significar una pérdida de valor añadido del sector que podría generar problemas de viabilidad en empresas del sector, cuya posición competitiva es mucho más débil que las empresas del tablero. No obstante es muy posible que esa reducción se vea compensada por un incremento en el volumen de facturación, derivado de la mayor oferta de madera.

9. La industria del desarrollo y del aserrío de mayores escudarías (más de 30 cm.) puede pagar por su materia prima precios que resultarían inalcanzables por la industria bioenergética, pero al incrementarse los precios de la madera utilizada por la industria de trituración (pasta y tablero) habrá un desplazamiento del consumo hacia diámetros y calidades superiores, y como consecuencia los precios de esta madera serán superiores por lo que es un sector que también va a tener interferencias y una mayor competencia en la materia prima.

10. El subsector de tablero, y particularmente el de partículas, parece ser el que más será afectado por un incremento del precio de una materia prima que supone el 64% de sus costes. En la medida que ese incremento de costes no pueda ser repercutido en sus productos finales, los muebles, se podrían generar problemas de viabilidad a algunas empresas.

11. Son las industrias de trituración (pasta y tableros) y la del aserrío de maderas delgadas (cáncer) las que pueden verse más afectadas por la competencia que impongan los nuevos consumidores de una de sus principales fuentes de materia prima: las maderas delgadas y recicladas. Esta industria utiliza las maderas delgadas y peor conformadas, no aptas para otros usos, además de los residuos de otras industrias de primera y segunda transformación, y por tanto será la que tendrá mayores repercusiones y más inmediatas.

12. En el sector de la carpintería y mobiliario, el Real Decreto por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, y más concretamente en lo que hace referencia a la biomasa (grupo b.6 y b.8, subgrupos b.6.1, b.6.2 y b.8.2), tiene una incidencia a través del sector del tablero, ya que el RD influye directamente sobre la mayor parte de la materia prima utilizada históricamente por este sector; incidiendo, por tanto, de forma directa en los costes de fabricación de toda la cadena de la madera principalmente en la fabricación del mueble, donde el tablero representa más del 70% de todos los materiales utilizados para su fabricación, pudiendo afectar muy negativamente a este subsector.

13. El sector de la carpintería, la ebanistería y la decoración pueden verse también muy comprometidos debido a las tensiones generadas en los eslabones precedentes como es el caso de los tableros, que constituyen su principal materia prima hoy en día, pero de la misma manera puede ocurrir con el sector de puertas donde una subida de su materia prima como es el tablero, derivaría en mayores problemas de los que está afrontando como es la fuerte reducción de empleo.

14. Debería, por tanto, definirse con mayor precisión que es biomasa residual.

15. La utilización de la biomasa residual, además de valorizar un residuo, puede suponer un incentivo a la limpieza de los bosques que puede reducir los incendios forestales, y permite el asentamiento de población en el medio rural gracias a la estabilidad del empleo.

16. La utilización de biomasa de origen agrícola no supone una competencia con los subsectores de transformación de la madera, aunque si se diera un excesivo desarrollo en el futuro, situación que en absoluto se produce actualmente, podría generar problemas en relación al uso alternativo de los suelos para la producción de alimentos, y a la fertilidad de los mismos.

17. Se debería concretar más la definición de cultivos energéticos forestales, de forma que se destinen a este fin las especies de más rápido crecimiento y que menos deterioren los suelos.

18. La biomasa residual de industrias forestales es la materia prima que más distorsiones de mercado podría generar en los precios relativos de los inputs de otros sectores de 1ª transformación de la madera, sobre todo si no hay un aumento del reciclaje de madera.

19. El aprovechamiento racional de la biomasa para la obtención de energía por parte de las plantas generadoras, debería orientarse hacia el uso de residuos forestales finales, es decir, utilizar biomasa que no se está movilizand o en la actualidad. Esta concepción requiere llevar a cabo una valoración global de la biomasa residual existente, que defina cual es residuo final que no está siendo utilizado para la generación de energía, y qué residuos son reutilizables por los sectores industriales más importantes de los países europeos.

20. La utilización de biomasa procedente de cultivos energéticos forestales, en general plantea varios riesgos, si bien la definición no liga su uso exclusivo energético como si lo hacen los agrícolas y deja una puerta abierta a que todo el monte se pueda denominar "cultivo energético" en vez de constituir superficies forestales plantadas con ese fin. Alerta así mismo con el problema de disminución de recursos hídricos que pueden derivarse ya que las especies forestales de crecimiento rápido que muchas veces se comentan, y que aparecían listadas en el anterior RD 436/2004 son especies que requieren de mucho agua para un rápido crecimiento.

21. El incremento del uso de la biomasa forestal no puede generar una deforestación y destrucción de ecosistemas, situación que en ningún caso se aproxima a la realidad actual en España. Para evitar ello el incremento del uso de la biomasa debe estar acompañado de un sistema de gestión sostenible de los bosques, que incremente la masa forestal, y como consecuencia de ello, la oferta de madera.

22. Un elemento básico, para garantizar que una adecuada gestión sostenible de los bosques incremente la oferta de madera en el mercado, es la mejora de la logística de la biomasa forestal.

23. Es muy importante conocer el desarrollo tecnológico del sector de generación de energía eléctrica a partir de biomasa, ya que la eficiencia energética actual es muy baja, y podrían estar incentivándose procesos productivos ya superados. Por ello es importante tener información actualizada, tanto de los avances en los procesos (p.ej. gasificación), como en la utilización de biomasa que genere las menores distorsiones posibles en los mercados agrícolas y de transformación de la madera (p.ej. a partir de algas).

24. Es importante que se definan adecuados sistemas de trazabilidad de la biomasa, y que funcione adecuadamente el sistema de certificaciones, para evitar que se produzcan utilizaciones fraudulentas de diferentes tipos de biomasa. Por ello sería importante que el MITYC desarrolle lo antes posible el procedimiento de certificación de biomasa que establece el propio artículo 19.1 del RD 661/2007.

25. En la medida en que se pudiera producir un incremento relevante de los precios de la madera en un corto espacio de tiempo, se debería estudiar como apoyar las iniciativas privadas de los subsectores de 1ª transformación de la madera que tendieran a incrementar el valor añadido del sector a través de una mayor integración vertical del proceso productivo

26. El sistema de primas esta modulado para incentivar en mayor medida las centrales pequeñas, situadas cerca de los lugares de producción de la madera, que son las que van a tener indudables efectos positivos en términos de fijar la población rural al crear empleo local. Cualquier actuación inversora tendente a generar grandes plantas de biomasa, fundamentalmente en lugares costeros que permitieran reducir los costes de transporte de madera importada, debería dar lugar a una reducción las primas para las centrales de mayor potencia instalada, ya que indicaría que se están generando importantes distorsiones del mercado.

27. Debe prestarse mucha atención a la evolución futura de la co-combustión, aunque por el momento las propias empresas eléctricas propietarias de centrales térmicas convencionales no están convencidas de su viabilidad económica. Ya que esta es una alternativa peor, en términos sociales, medioambientales y posiblemente en la repercusión en el sector de la transformación de la madera, que el desarrollo de pequeñas centrales de biomasa cerca de los bosques.

28. En relación a la co-combustión, el sector tiene sus recelos ya que son plantas muy grandes que podrían llegar a desestabilizar el mercado de la madera de una zona ya que necesitarán cuantiosas cantidades de biomasa forestal residual o de cultivos energéticos forestales que en muchos casos no están disponibles.

29. Todo este análisis está sustentado en la actual existencia de un mercado muy regulado de la electricidad, donde el Gobierno fija las tarifas, ya que aunque existe la posibilidad de negociar precios en el mercado solo lo hacen los grandes consumidores con poder de negociación.

30. La evolución futura de la prevista liberalización de los precios de la electricidad, según obliga la Directiva Europea 2003/54/CE, puede modificar estos análisis en la medida que se produzca un escenario de constante incremento de los precios.

31. Por todo ello es necesario construir un sistema de indicadores que permita detectar anticipadamente evoluciones de los mercados de la madera que puedan generar cambios bruscos con consecuencias económicas, sociales y medioambientales no buscadas. (En este sentido, se adjunta en el ANEXO una tabla de indicadores como primera propuesta para que el INE se encargue de acometer la tarea de las mediciones anuales)

32. El Ministerio de Agricultura, Ministerio de Medio Ambiente u organismo competente en la materia debería ofrecer datos más actualizados y con más aproximación a la realidad, ya que en muchas Comunidades Autónomas hay grandes desviaciones, además de un gran retraso, más de dos años.

33. El encarecimiento de los productos de madera no solamente ocasionaría la importación de estos productos de otras zonas del mundo, sino que además, forzaría a la utilización de otros materiales sustitutivos, más caros y perjudiciales para el medioambiente.

34. Es clave establecer unos criterios claros que nos permitan distinguir claramente entre un uso energético y otro de mayor valor añadido. En este sentido, la trazabilidad de la biomasa puede garantizar que madera que se debe destinar a las industrias forestales, no se esté quemando.

35. El principal interés del sector de la madera es fomentar el seguimiento la legislación para que se pueda percibir a corto, medio plazo las repercusiones que está teniendo en la competitividad del mismo con el fin de no contribuir a su desestabilización.

ANEXO

Tabla de indicadores

Los indicadores constituyen elementos de control que permiten ir midiendo gradualmente el impacto de una medida atendiendo a las mediciones que se vayan obteniendo.

En este sentido, se ha estimado necesario establecer una serie de indicadores cuya medición resulte en una foto fija de la situación actual y que el paso del tiempo y las variaciones de éstos repercuta en un análisis de las circunstancias que han llevado a un cambio, si existe.

Indicadores	Justificación
Crecimiento anual monte arbolado /ha	Con estos indicadores se pretende establecer la disponibilidad de madera en España atendiendo al crecimiento anual de los montes, la superficie dedicada a cultivos energéticos y la cantidad de madera que se destina a las principales industrias del sector de la madera de nuestro país.
Área de bosque limpio (ha)	
Superficie arbolada y desarbolada quemada/ (ha)/año	
Nº incendios /año	
Superficie cultivos energéticos (ha)	De esta manera se puede estimar la incidencia del nuevo RD 661/2007 en la cantidad de materia prima que se maneja en el mercado, cambios en los destinos y posibles consecuencias en las importaciones y exportaciones de madera.
Volumen madera reciclada	
Volumen de madera que se destina a ind. de la madera	Además, se pretende establecer si la nueva legislación desembocará en una política de aumento de inversiones en la limpieza de los montes, ya que muchos de los residuos de cortas pueden destinarse a industrias del sector de madera, y en su caso a industrias para aprovechamiento energético. Estas actuaciones pueden repercutir positivamente en los montes ya que puede disminuir considerablemente el número de incendios al retirarse de éstos una materia altamente inflamable.
Volumen de madera que se destina a energía	
Nº empresas y facturación sector tableros derivados de madera	Con estos indicadores se pretende tener un panorama objetivo del peso del sector de la madera en nuestro país y estimar la repercusión del nuevo RD 661/2007 en el futuro competitivo del mismo.
Nº trabajadores sector tableros derivados de madera	
	La nueva legislación puede generar mayor empleo en empresas de limpieza de monte pero puede repercutir negativamente en otras industrias del sector debido a que el aumento en los precios de la madera afecte a los recortes de plantilla en las fábricas.

Indicadores	Justificación
Nº empresas y facturación sector mueble	Con estos indicadores se pretende tener un panorama objetivo del peso del sector de la madera en nuestro país y estimar la repercusión del nuevo RD 661/2007 en el futuro competitivo del mismo.
Nº trabajadores sector mueble	
Nº empresas explotación forestal	
Nº trabajadores sector explotación forestal	La nueva legislación puede generar mayor empleo en empresas de limpieza de monte pero puede repercutir negativamente en otras industrias del sector debido a que el aumento en los precios de la madera afecte a los recortes de plantilla en las fábricas.
Nº Ayuntamientos con recogida selectiva de madera y toneladas recogidas	La nueva legislación puede repercutir positivamente en la política de recogida de muchos Ayuntamientos, favoreciéndose el reciclaje de productos, entre ellos la madera.
MW producidos año	Con estos indicadores se pretende observar la evolución en materia de energía que puede experimentar nuestro país a la luz del nuevo RD 6661/2007
Nº plantas de producción de energía eléctrica y térmica con biomasa	
Coste Kw/hora (producción tradicional)	
Precio Kw/hora (usando biomasa)	
Precio promedio serrín/ Tn	Con estos indicadores se pretende analizar el incremento que puede experimentar el precio de la madera (en sus diferentes variedades) y de los productos elaborados a partir de madera. La incidencia que puede tener el nuevo RD 661/2007 en los precios, pudiera traducirse en una subida considerable de los mismos desestabilizando claramente el mercado.
Precio promedio astilla /Tn	
Precio promedio madera reciclada/Tn (camión)	
Precio promedio madera en rollo/ m ³	
Precio promedio tablero aglomerado/m ²	
Precio promedio tablero de fibras/m ²	
Precio promedio mueble tipo (silla, mesa, armario)(euros)	
Precio promedio puerta de madera (euros)	
Precio promedio pellets (euros)	
Balance de emisiones de CO ₂ generadas por la industria (Tn CO ₂)	
	El balance del CO ₂ por el uso de madera en la combustión y en la industria es "0" porque devolvemos (o seguimos reteniendo) a la atmósfera lo que la madera ha fijado anteriormente. Por tanto, las emisiones derivadas del uso de biomasa pueden considerarse neutras y consecuentemente se traducirá en una disminución de emisiones de CO ₂ en las industrias que utilicen biomasa para generar energía.

CAPÍTULO II

INDICADORES PARA EL ANÁLISIS
DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA UTILIZACIÓN
DE LA BIOMASA FORESTAL

AUTORES

RICARDO RUIZ-PEINADO GERTRUDIX
CIFOR-INIA

GREGORIO MONTERO GONZÁLEZ
CIFOR-INIA

VICENTE SÁNCHEZ JIMÉNEZ
FECOMA-CC.00.

ANTECEDENTES

69

El presente informe de la Federación Estatal de Construcción, Madera y Afines de Comisiones Obreras presentado al Observatorio Industrial de la Madera del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio tiene como objetivo principal desarrollar una serie de indicadores adecuados, identificados por el Observatorio, para conocer el contexto en que se sitúa la utilización de la biomasa forestal para producción de energía, en relación con el sector forestal y de usos de la madera y las grandes cifras del sector energético.

El estudio de estos indicadores en el futuro y la interpretación de su evolución permitirán conocer el impacto de medidas legales establecidas o situaciones de mercado como la competencia por la materia prima.

Así, el apoyo de las energías renovables, objetivo estratégico para reducir las emisiones de CO₂ en relación con el calentamiento global del planeta, y la disminución de la dependencia energética de los combustibles fósiles en general, y del petróleo en particular, ha sido implementada en numerosas medidas nacionales e internacionales. Así, la iniciativa denominada coloquialmente “objetivos 20-20-20”, fue adoptada por los gobiernos de la Unión Europea en 2007 con los objetivos de conseguir para el año 2020:

- I. Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20%,
- II. Una reducción del 20% del consumo de energía primaria y,
- III. El 20% de la energía consumida proceda de energías renovables.

El fomento en la utilización de la madera como sustitución de otros materiales cuya obtención y manipulación exigen la emisión de altas cantidades de CO₂, sobre todo el acero y el aluminio en la construcción o el mobiliario, que en muchos casos pueden ser sustituidos presentando iguales o mejores condiciones, o la utilización de materiales naturales como el corcho, tanto para taponería de botellas (actualmente está siendo sustituido por el plástico) o para aislamientos, también son medidas para el ahorro de energía y la disminución de emisiones.

La biomasa forestal utilizada en la producción de energía, tanto eléctrica como térmica, presenta también un importante futuro en nuestro país. Se dispone de suficiente materia prima para no competir con otros usos de la madera (industria del tablero, sobre todo) y la implantación en forma de pequeñas centrales o comunidades sería una forma muy adecuada de funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

71

1.1 La biomasa forestal

La biomasa puede definirse, desde el punto de vista de la producción energética, como un combustible procedente de productos y residuos naturales, tanto agrícolas como forestales.

Este estudio hará énfasis en la biomasa primaria de origen forestal, la cual se puede clasificar según su origen como:

- procedente de restos de corta de especies comerciales o,
- procedente de cortas de masas no comerciales,
- procedente de residuos de las industrias forestales (serrerías, sector del mueble, etc.)

Aunque no se debe olvidar dentro del grupo de biomasas de origen forestal aquella que procede de cultivos forestales de corta rotación, que están en fase experimental pero en un estado muy avanzado y que en un futuro próximo aumentarán la cantidad de biomasa forestal disponible con fines energéticos.

1.2 El plan de energías renovables (2005-2010)

El Plan de Energías Renovables de España (PER) 2005-2010 (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) para la reducción de la dependencia energética exterior y la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, marca como objetivo en la generación de energía una contribución de las fuentes renovables de más de un 12%, en términos de energía primaria.

En dicho plan, también se hace referencia a la diferente contribución de las energías renovables para la consecución de ese objetivo, situándose la biomasa "muy por debajo de los objetivos" para 2010. Concretamente, el objetivo establecido en el PER para la biomasa es de 2.039 Mw instalados para generación de energía eléctrica (incremento de 1.695 Mw) y de 4.070 ktep para energía térmica (incremento de 583 ktep).

Para conseguir este propósito se han adoptado una serie de medidas dentro del PER, como el apoyo a la co-combustión o la modificación de las ayudas para el régimen especial de producción de energía (primas).

Además, la Unión Europea alcanzó un acuerdo de Jefes de Estado y de Gobierno en 2007, conocido coloquialmente como “objetivo del 20-20-20”, en el cual se han efectuado tres compromisos ambientales y energéticos para el 2020:

- Reducción en un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, respecto al año 1990.
- Mejora de la eficiencia energética en un 20%.
- Producción con energías renovables de un 20% del total de la energía primaria consumida.

Para el impulso en la utilización de la biomasa forestal, también se ha desarrollado la Estrategia para el uso energético de la biomasa forestal residual, que esta actualmente (principios del año 2009) en fase de consultas.

Con este escenario las energías renovables, y por ende la biomasa, tienen una situación buena para conseguir su desarrollo, implantación y lograr la estabilidad como fuentes de energía.

I.3 Indicadores para el análisis de la situación actual en la utilización de la biomasa forestal

En el presente estudio se desarrollaran una serie de indicadores para detectar los puntos fuertes y aquellas posibles debilidades en la utilización de la biomasa forestal en el marco de la generación de energía, para realizar un análisis de su situación.

Los indicadores contenidos en este estudio se pueden agrupar en cinco grandes grupos, en referencia a las grandes oportunidades de la biomasa forestal para la generación de energía:

- Disponibilidad de madera, que muestra la cantidad de materia que esta en el mercado, identificando sus destinatarios finales y su posible competencia entre ellos por la biomasa.

- Situación de los principales subsectores de la madera relacionados con la producción y uso de biomasa forestal como materia prima: Industria de los tableros, industria del mueble, explotación forestal.
- Precios de la madera, tanto en rollo como astilla o serrín.
- Situación general de la generación de energía en España y su relación con el potencial de la biomasa como energía renovable, incluyendo las emisiones generadas en la actividad industrial (en parte susceptibles de evitarse mediante el uso de biomasa en la generación de energía).
- Disponibilidad de biomasa forestal procedente de restos de aprovechamientos en España.

Estos indicadores permitirán realizar una sinopsis de la cantidad de esta materia prima existente en España, de la situación del mercado respecto de la generación de energía y la posible competencia de la utilización de biomasa con fines energéticos con otros mercados (principalmente con la industria del tablero de madera).

Además, tras la contemplación y el estudio pormenorizado de los indicadores desarrollados podrán extraerse una serie de conclusiones y recomendaciones para garantizar el desarrollo y la expansión del mercado de la biomasa forestal con fines energéticos.

INDICADORES

2.1 Disponibilidad de madera en España

Cortas de madera en España

Las cortas de madera en España presentan una tendencia más o menos estable desde el año 1990, con una media de 15 millones de m³ de extracciones, manteniéndose de igual manera constantes las proporciones de cortas entre coníferas y frondosas.

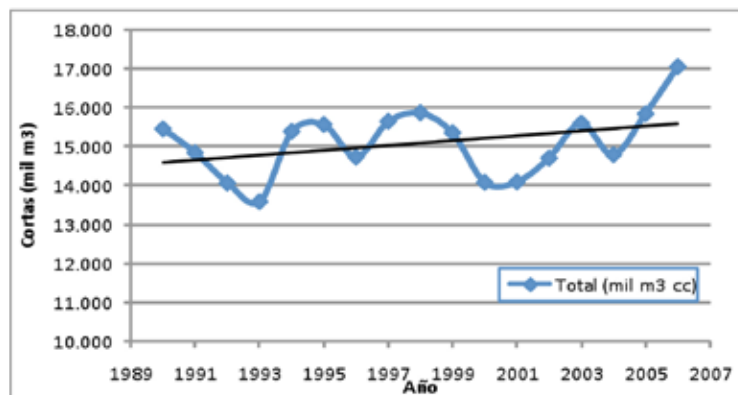
Serie de cortas de madera en España (1990-2006) para coníferas, frondosas y madera sin clasificar

Año	Coníferas (mil m ³ cc)	Frondosas (mil m ³ cc)	Sin clasificar (mil m ³ cc)	Total (mil m ³ cc)
1990	8.517	4.229	2.714	15.460
1991	7.200	4.301	3.347	14.848
1992	6.711	4.142	3.221	14.074
1993	6.372	4.197	3.027	13.596
1994	7.549	4.601	3.244	15.394
1995	7.882	5.068	2.623	15.573
1996	7.507	4.662	2.571	14.739
1997	8.160	5.116	2.378	15.654
1998	7.981	5.710	2.183	15.874
1999	7.816	5.447	2.099	15.362
2000	6.838	5.058	2.193	14.090
2001	6.148	5.407	2.546	14.101
2002	5.525	5.382	3.806	14.713
2003	6.631	5.582	3.396	15.609
2004	6.037	5.409	3.353	14.799
2005	7.804	5.578	2.466	15.848
2006	8.270	5.260	3.523	17.053

Fuente: Anuario de Estadística Forestal 2006 (MMA, 2007).

Cortas totales de madera (miles de m³) y línea de tendencia para los datos 1990-2006.

75



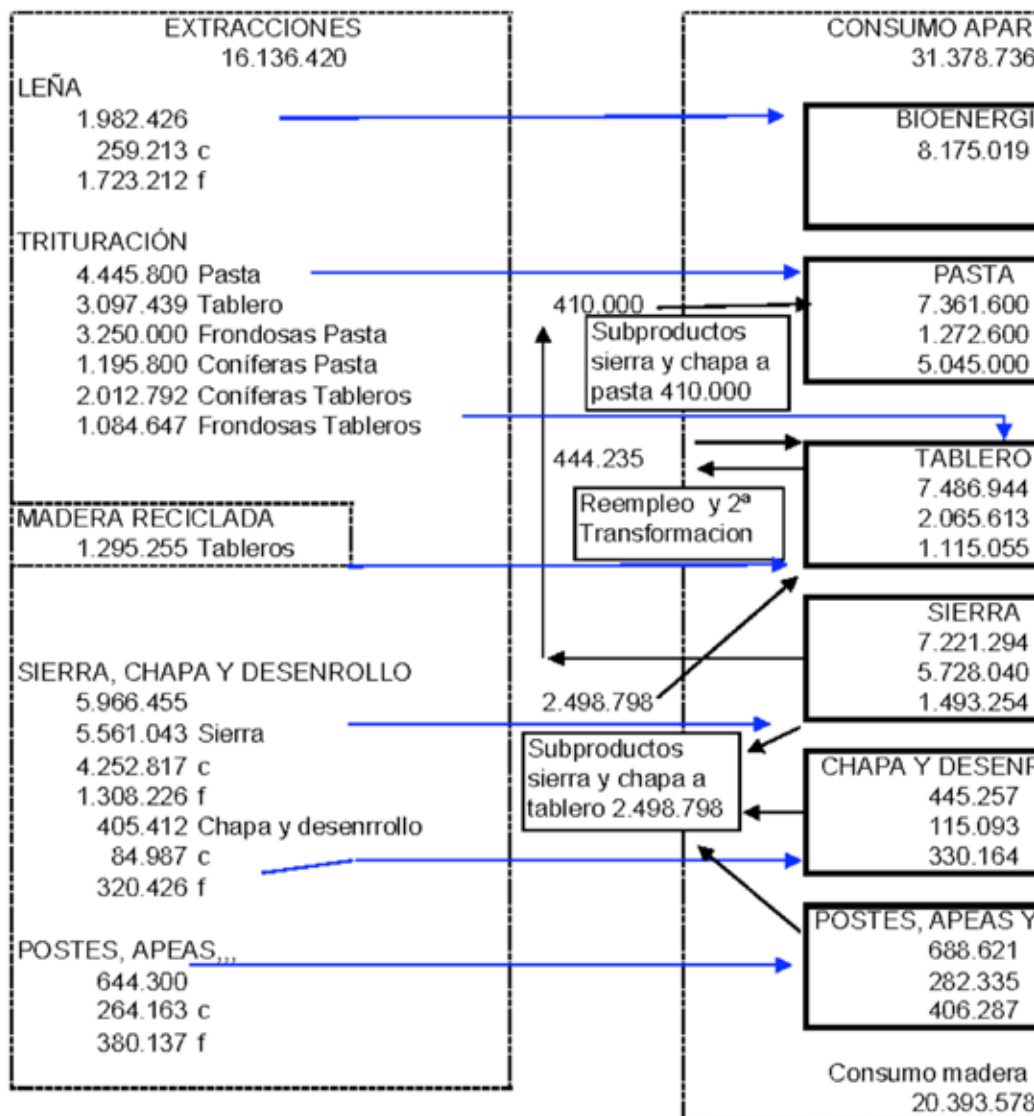
El desglose de cortas por especie principal se muestra en la siguiente tabla, donde vemos que las cantidades de madera aprovechadas de *Pinus Pinaster* (pino resinero o negral) y *Eucalyptus* engloban más de la mitad del total extraído.

Cortas de aprovechamiento por especie (m ³)			
Coníferas	m ³ c.c.	Frondosas	m ³ c.c.
<i>Pinus Sylvestris</i>	903.224	<i>Populus</i> sp.	568.681
<i>Pinus nigra</i>	338.268	<i>Fagus sylvatica</i>	103.918
<i>Pinus Pinaster</i>	4.685.840	<i>Castanea sativa</i>	113.791
<i>Pinus pinea</i>	240.225	<i>Q. petraea</i> y <i>Q. robur</i>	149.832
<i>Pinus halepensis</i>	206.850	Otros <i>Quercus</i>	71.159
<i>Pinus radiata</i>	1.755.241	<i>Eucayptus</i> sp.	4.150.819
<i>Pinus canariensis</i>	17.751	Otras frondosas	102.190
Otras coníferas	122.487		

Fuente: Anuario de Estadística Forestal 2006 (MMA, 2007).

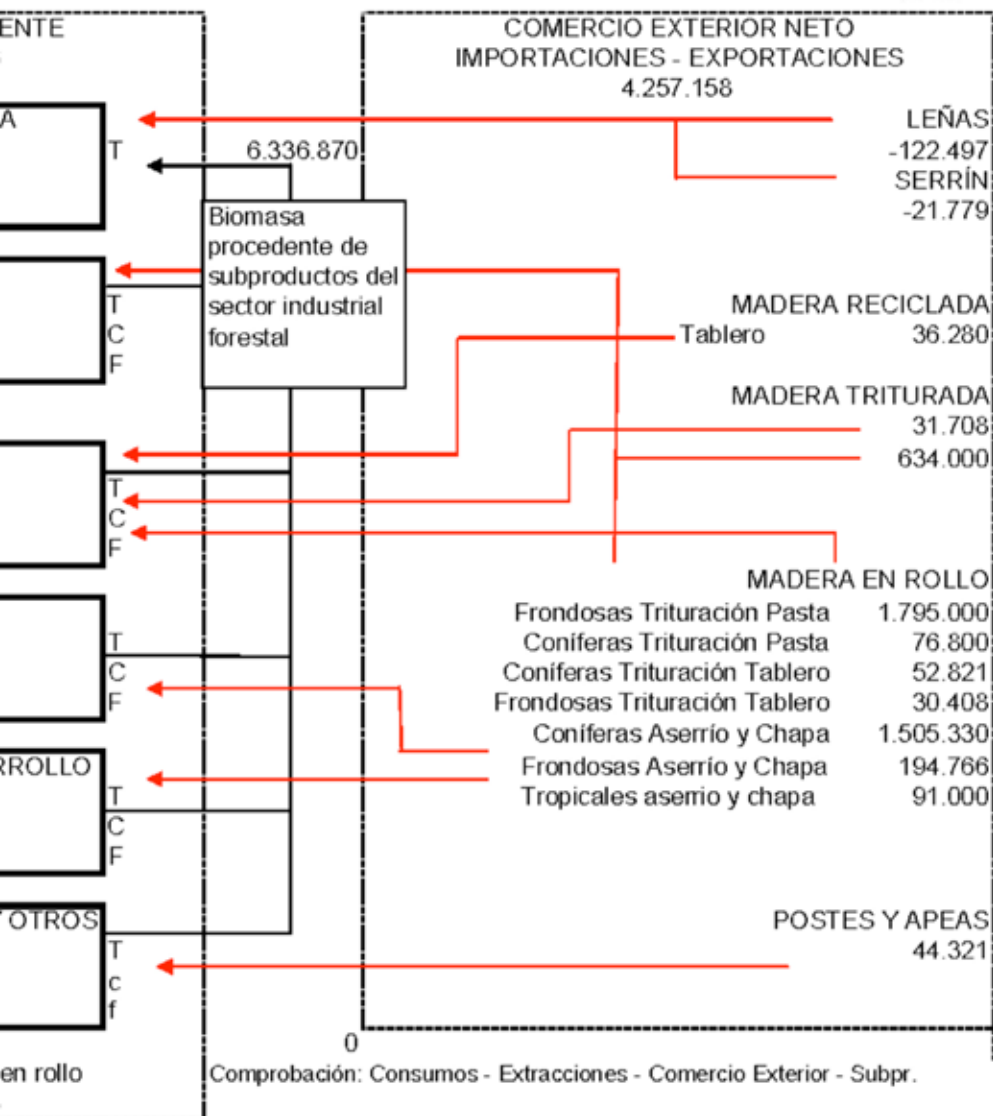


BALANCE DE LA MADERA 2006 (M)



Flujo de madera dentro del sector para el año 2006. Fuente: Anuario de Estadística Forestal 2006 (MMA, 2007).

3 S.C.EQUIVALENTES)



Cantidad de madera importada en España

Como se muestra en el gráfico presente en el indicador anterior (circuito de la madera), existe un déficit de madera en España resultado de la diferencia entre la oferta y la demanda nacional que hay que cubrir mediante importaciones.

En la tabla siguiente y según los datos de la Asociación Española de Importadores de Madera (AEIM) podemos ver una clasificación de la madera importada.

Madera importada en España en 2007 y primer semestre de 2008					
MADERA IMPORTADA		2007		2008 (Parcial)	
		Volumen (m³)	Peso (toneladas)	Volumen (m³)	Peso (toneladas)
Coníferas aserradas		1.549.417		1.078.324	
Tropicales tronco		50.600		82.135	
Tropicales aserradas		192.685		169.265	
Frondosas tronco					
	Roble	44.607		38.179	
	Haya	30.564		17.489	
	Alamo		1.975	2.833	
	Eucalipto		765.160		795.419
	Abedul		803		2.380
	Otros	24.981		28.555	
Frondosas aserradas					
	Roble	106.516		96.800	
	Haya	66.794		43.887	
	Arce				797
	Cerezo				541
	Fresno				2.438
	Alamo		305		473
	Otros	17.996		16.614	

Madera importada en España en 2007 y primer semestre de 2008 (cont.)					
MADERA IMPORTADA		2007		2008 (Parcial)	
		Volumen (m³)	Peso (toneladas)	Volumen (m³)	Peso (toneladas)
Hojas contrachapado					
	Frondosas		29.218		20.191
	Tropicales		21930		23.616
	Coníferas		7.861		6.433
Tablero contrachapado					
	Con/Frond		29.035		24.003
	Tropicales		32.827		20.923
Tablillas y frisos parquets			49.120		239.725
Tableros partículas			214.653		156.427
Tableros fibras			176.241		129.535
Parquet multicapa			38.498		29.807
Otros productos			244.433		370.598
TOTAL PRODUCTOS		2.084.160	1.612.059	1.574.081	1.823.306
Fuente:Asociación Española de Importadores de Madera (AEIM, 2008).					

Crecimiento anual del monte arbolado

En este indicador se muestran los aumentos de superficie del monte arbolado en España (datos por CCAA).

Estos datos han sido obtenidos mediante la comparación de superficies entre el Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) y el Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN2). Los datos del IFN3 para Andalucía están todavía incompletos (y por tanto para el total nacional), ya que aún están siendo procesados los datos de las provincias de Almería, Granada, Huelva y Sevilla para el IFN3.

Crecimiento anual del monte arbolado en España (ha/año).	
CCAA	Crecimiento anual (ha)
Galicia	32.734,18
Baleares	5.325,17
Murcia	3.917,83
Asturias	8.298,70
Cantabria	4.059,50
Navarra	9.019,70
La Rioja	3386,25
Madrid	7.462,10
Extremadura	42.150,82
Cataluña	21.103,55
Canarias	2.917,70
Castilla León	71.931,42
Castilla La Mancha	80.761,45
Aragón	35.678,18
País Vasco	869,56
Comunidad Valenciana	10.515,00
Andalucía	34.019,73
TOTAL ESPAÑA	380.487,00
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2008).	

Área de bosque limpio

El Plan Forestal Español (2002) establece, dentro de sus objetivos, acciones dirigidas a elevar el nivel evolutivo o madurez de las formaciones forestales, mejorando sustancialmente su biodiversidad y multifuncionalidad. Estas acciones vienen denominadas como silvicultura de mejora de la cobertura vegetal.

Para estimar el cumplimiento en la realización de los objetivos, dentro del mencionado Plan Forestal, se marcan unas metas a cumplir. En una de esas metas se hace referencia específicamente al número de hectáreas limpias, mejoradas y/o saneadas para dos fechas de cumplimiento.

Para el año 2008 se estima una superficie limpia/mejorada/saneada de 6.500.000 ha, y para el año 2032 una superficie de 15.000.000 ha.

Superficie arbolada y desarbolada quemada (ha/año). Número de incendios/año

En la tabla siguiente se incluyen los incendios forestales que han afectado a terreno forestal (según la definición de la Ley de Montes 43/2003, modificada por Ley 10/2006), expresados en número de ha arboladas, desarboladas, totales y el número de incendios.

Superficie quemada y número de incendios en España.				
AÑO	SUP. ARBOLADA (ha)	SUPERFICIE DESARBOLADA (ha)	SUPERFICIE TOTAL (ha)	Nº INCENDIOS
2000	46.138	142.448	188.586	24.118
2001	19.363	73.934	93.297	19.547
2002	25.197	82.267	107.464	19.929
2003	53.673	94.499	148.172	18.616
2004	51.732	82.461	134.193	21.306
2005	69.350	119.322	188.672	25.492
2006	71.803	84.280	155.363	16.334
2007	29.403	56.710	86.113	10.932
2008	7.636	33.341	40.977	11.610
MEDIA	41.587	85.474	126.982	18.654

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2008).

Superficie de cultivos energéticos forestales (ha)

No existe un registro oficial de superficie forestal dedicada al cultivo de especies con fines energéticos.

Estos cultivos forestales están en la actualidad en fase experimental, ya que no se conoce con exactitud el comportamiento y rendimiento de las diferentes especies en estudio (*Populus*, *Salix*, *Pawlonia*, ...), las densidades que maximizan la producción, así como la maquinaria específica necesaria para realizar su explotación.

En la actualidad, existe una pequeña superficie de cultivos forestales dedicados a la producción de energía en España son 56 ha (dato para 2008), centrándose en Andalucía, y siendo de carácter experimental.

Volumen de madera reciclada

Atendiendo a los datos que facilita la Federación Española del Envase de Madera y sus Componentes (FEDEMCO) que junto con ECOEMBES cuantifica la cantidad de envases, embalajes y palets de madera que se generan en España como residuo durante los últimos años. También existen datos sobre las cantidades de esos residuos de madera que son reciclados (fundamentalmente para la industria del tablero) y la parte valorizada energéticamente (producción de energía). Se observa una estabilización en la cantidad de residuos tratados, aumentado considerablemente la cantidad de material que se recicla.

Cantidad de madera tratada como residuos de envases y/o embalajes.			
Año	Residuos madera tratados (t)	Reciclaje material (t)	Valorización energética (t)
2001	1.030.000	320.000	25.000
2002	716.000	270.000	29.000
2003	747.000	321.000	10.000
2004	838.000	321.000	10.000
2005	942.000	438.000	25.000
2006	946.000	471.000	54.000
2007	943.000	575.000	57.000
Fuente: FEDEMCO (2008)			

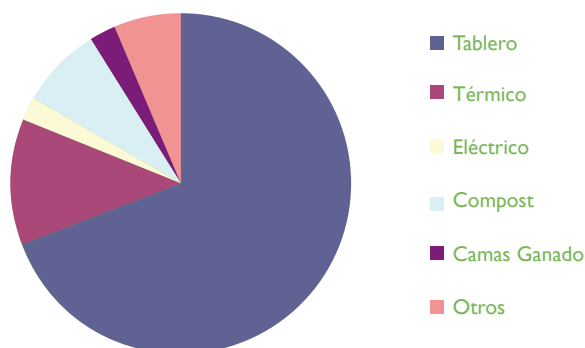
Las empresas recuperadoras de madera gestionan restos de silvicultura, restos de la industria maderera, restos de envases, restos de la construcción, restos municipales y restos de parques y jardines.

Aún así, hay una gran cantidad de madera de ser reutilizada, recuperada y/o valorizada que va a parar a vertedero, debido a que se mezcla con residuos no recuperables, además en baja tasa y al no existir prohibición expresa (normativa) para que no sea depositada en vertedero (CONFEMADERA, 2007).

En la siguiente figura se observan los diferentes destinos de la madera recuperada por este sector:

83

Destinos de la madera recuperada (año 2007) Fuente: CONFEMADERA.



El sector de fabricación de tableros derivados de madera utiliza una gran cantidad de madera reciclada como materia prima, siendo este sector el principal consumidor de madera reciclada en nuestro país.

Según los datos de la Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros (ANFTA), sus asociados han conseguido llegar a cotas de utilización de madera reciclada como materia prima del 63% y presentan previsiones de futuro de llegar a tasas de hasta el 80% en el uso de madera reciclada.

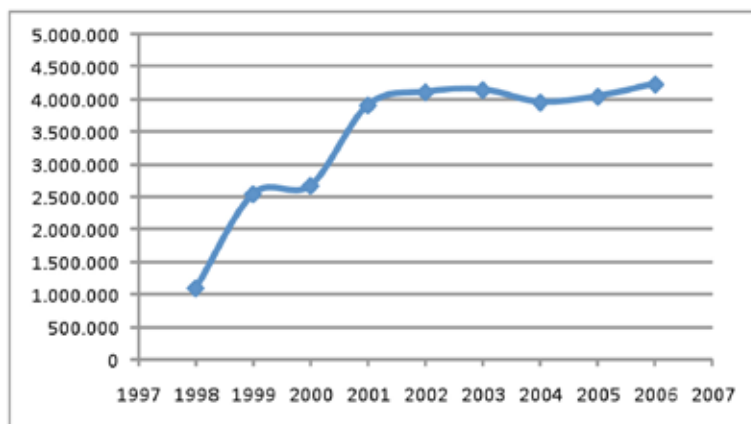
En la siguiente tabla se pueden contemplar los valores de madera reciclada utilizada por la industria del tablero, con la identificación de su origen: Reciclado de palets, envases y embalajes; residuos de la empresa de primera transformación como serrines, astillas, costeros, etc.; residuos de la empresa de segunda transformación como recortes, virutas, etc.

Cantidad de madera reciclada usada por la industria del tablero en España

AÑO	Reciclado de palets y embalajes (m³)	Subproductos 1º transformación (m³)	Subproductos 2º transformación (m³)	TOTAL MADERA RECICLADA (m³)
1998	108.000	740.000	251.000	1.099.000
1999	140.000	1.881.000	526.000	2.547.000
2000	180.000	1.911.000	586.000	2.677.000
2001	535.852	2.703.922	675.981	3.915.755
2002	721.765	2.716.944	679.236	4.117.945
2003	930.511	2.638.774	581.839	4.151.124
2004	1.068.914	2.305.267	586.444	3.960.625
2005	1.191.562	2.373.142	484.859	4.049.563
2006	1.295.255	2.498.798	444.235	4.238.288

Fuente: AFTA 2007

Evolución en el uso de madera reciclada por la industria del tablero.



La tendencia creciente para el total de madera reciclada se ha estabilizado desde el año 2001, año en el que casi se alcanzaron los 4 millones de metros cúbicos reciclados, hasta la cifra de 2006 de 4,2 millones de m³.

Recogida selectiva de madera y toneladas recogidas

La recogida selectiva de madera recogida como un residuo urbano, bien directamente o bien tras ser depositada en los puntos limpios, genera un volumen de madera importante para ser utilizado tanto en la producción de energía como para ser aprovechado por la industria de fabricación del tablero derivado de madera.

Cantidad de residuos urbanos de madera recogidos desglosado por Comunidades Autónomas

CC.AA.	Toneladas recogidas en 2003	Toneladas recogidas en 2004	Toneladas recogidas en 2005	Toneladas recogidas en 2006
Andalucía	22.125	6.635	13.389	5.993
Aragón	2.960	29.432	2.056	987
Asturias	0	1.181	1.314	271
Baleares	731	96	338	0
Canarias	12.126	10.175	6.060	6.553
Cantabria	0	0	0	249
Castilla y León	4.187	1.141	1.972	876
C.-La Mancha	940	2.359	759	5.693
Cataluña	23.583	11.139	8.166	8.681
C.Valenciana	7.111	4.584	9.707	13.272
Extremadura	847	4.302	3.486	329
Galicia	6.575	3.105	6.853	4.688
Madrid	34.333	16.291	16.108	6.840
Murcia	3.000	2.497	1.698	1.651
Navarra	1.134	1.032	1.239	1.000
País Vasco	5.873	4.514	7.785	7.306
La Rioja	2.073	1.677	1.182	1.181
Ceuta y Melilla	1.019	1.909	336	177
TOTAL ESPAÑA	128.617	102.069	82.448	65.747

Fuente: Estadísticas de residuos (INE, 2008).

Destino del consumo aparente de madera	
Destino	Consumo aparente madera (m ³)
Pasta	7.361.600
Tablero	7.486.944
Sierra	7.221.294
Chapa y desenrollo	445.257
Postes, apeas y otros	688.621
Bioenergía	8.175.019
TOTAL	31.378.736
Fuente: Anuario de Estadística Forestal 2006 (MMA, 2007)	

2.2 Situación de los subsectores de la madera

Número de empresas, número de trabajadores y facturación del sector tableros derivados de madera

El sector de los tableros de madera mantiene una estructura importante dentro del sector de transformación de la madera, con una facturación creciente, sin cambios importantes en relación con el número de empresas y trabajadores.

La facturación de este subsector supone algo más del 25% (datos para el año 2006) dentro del sector de la madera (excluido el subsector del mueble).

Empresas del sector tableros derivados de madera, trabajadores y facturación			
Año	Nº empresas	Nº trabajadores	Facturación (mil €)
2003	516	13.098	2.300.876
2004	517	13.084	2.469.290
2005	509	12.789	2.690.108
2006	490	12.977	3.004.873
Fuente: CONFEMADERA (2007)			

Número de empresas, número de trabajadores y facturación del sector mueble

El subsector del mueble es el grupo más importante dentro del sector de la madera, presentando una facturación creciente en el tiempo, aunque el número de empresas y trabajadores ha disminuido en el último año del que existen datos (2006).

La facturación de este subsector representa más del 53% de la facturación en el sector total de la madera (años 2006).

Empresas del sector mueble, trabajadores y facturación			
Año	N° empresas	N° trabajadores	Facturación (mil €)
2003	21.485	134.616	10.094.698
2004	21.280	136.142	11.318.496
2005	20.955	135.827	11.725.553
2006	20.671	133.362	11.931.000
Fuente: CONFEMADERA (2007)			

Número de empresas y número de trabajadores del sector explotación forestal

La explotación forestal ha aumentado de forma importante el número de contratos en los últimos años, al igual que el número de empresas dedicadas a esta función.

No ha sido posible recabar datos sobre los trabajadores en activo dentro de las empresas, ni de su facturación anual.

Empresas del sector explotación forestal y número de contratos realizados		
Año	N° empresas	N° contratos
2002	1.013	37.959
2003	sin datos	42.045
2004	sin datos	47.916
2005	1.458	55.120
2006	1.473	60.637
Fuente: ASEMFO (2007)		

Volumen de facturación del sector de la madera (mueble y derivados de la madera)

El sector de la madera agrupa dos grandes secciones: La transformación de la madera y la industria del mueble.

La transformación de la madera incluye, a su vez, las siguientes industrias:

- Aserrado, cepillado y preparación industrial de la madera
- Fabricación de chapas, tableros y paneles de madera
- Estructuras de madera y piezas de carpintería para la construcción
- Fabricación de envases y embalajes de madera
- Fabricación de otros productos de madera

Volumen de negocio (millones de euros) para las principales secciones industriales de la madera					
Subsector	Facturación				
	2002	2003	2004	2005	2006
Madera	9.348,8	8.931,6	9.801,6	10.220,3	10.992,0
Mueble	9.874,2	10.094,7	11.318,5	11.725,6	11.931,8
Total	19.223,0	19.026,3	21.120,1	21.945,9	22.923,8
Fuente: CONFEMADERA					

2.3 Precios de la madera

Precio promedio serrín (tonelada)

Se ha obtenido el precio para la tonelada de serrín cuyo destino es cama para el ganado para el año 2007 situado entre 37 y 40 €/tonelada (Observatorio de la leche de Cataluña, 2008).

No hay sido posible conseguir el precio del serrín con destino a la industria del tablero de madera.

Precio promedio astilla (€/tonelada)

El documento de trabajo del "Plan de la Bioenergía de Castilla y León" (Junta de Castilla y León, 2007), identifica unos precios para diferentes destinos de la madera, que pueden competir con el destino para generación de energía. Así, el precio de la madera para tablero y pasta puesto en planta se sitúa entre 35 y 45 €/tonelada.

La “Estrategia para el uso energético de la biomasa forestal residual” -documento en fase de consulta- (MMAR, 2008) sitúa en 43 €/t el precio medio pagado por los fabricantes de tablero para una tonelada de astilla.

Precio promedio de la madera en rollo (€/m³)

El valor de la madera es muy variable dependiendo de la especie de la que se trate y las dimensiones de ésta.

Se presenta para las principales especies forestales la graduación de precios a partir de las estimaciones oficiales. Los precios están referidos a madera en cargadero.

Precio de la madera por especie en cargadero (€/m³).		
Especie	precio 1 (€/m³)	precio 2 (€/m³)
<i>Pinus halepensis</i>	8.00	26.43
<i>Pinus nigra</i>	30.68	50.00
<i>Pinus Pinaster</i>	19.00	37.87
<i>Pinus pinea</i>	19.74	36.28
<i>Pinus radiata</i>	38.11	62.60
<i>Pinus Sylvestris</i>	32.23 €	58.00
<i>Castanea sativa</i>	40.00	66.72
<i>Eucalyptus sp.</i>	12.19	41.24
<i>Fagus sylvatica</i>	45.00	66.00
<i>Juglans regia</i>	299.72	368.00
<i>Populus sp.</i>	35.42	60.00
<i>Quercus ilex</i>	35.00	44.67
<i>Quercus petraea</i>	54.00	65.83
<i>Quercus robur</i>	40.00	61.57
Fuente: Anuario de Estadística Forestal 2006 (MMA, 2007)		

Precio promedio de pellets (€/t)

Es difícil encontrar un precio de referencia para este producto, puesto que carece de mercado organizado ya que se trata de un mercado incipiente. Además, su precio varía según la estación del año, debido a la mayor demanda en los meses fríos y a las cantidades suministradas.

En España no se cuenta con normativa sobre las características que deben cumplir los pellets, aunque se está trabajando en ello.

Se muestra la tabla de Ambrosio et al. (2008) en la cual aparecen los diferentes precios para los pellets en varios países de Europa, en los cuales hay un mercado más o menos avanzado y existen regulaciones normativas (calidad del pellet).

El precio medio del pellet en España se sitúa entre 140-180 €/tonelada, de acuerdo con esta fuente.

Precios de pellets en Europa	
País	Precio pellets (€/tonelada)
Dinamarca	270
Holanda	265
Suecia	230-280
Italia	220-280
Austria	180-210
Alemania	180-260
España	140-180

Fuente: Ambrosio et al. (2008)

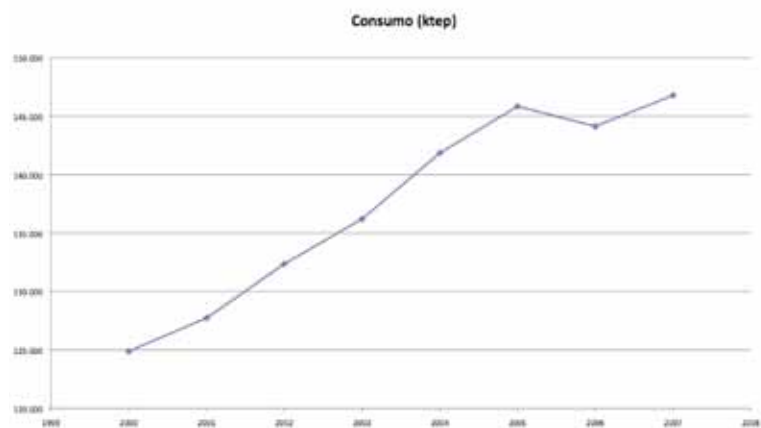


2.4 Situación general de la generación de energía en españa

Consumo de energía primaria

El gráfico presenta la tendencia del consumo anual de energía primaria (ktep) en España. Se observa la rápida tendencia al alza, con el ligero descenso del año 2006. También, en la tabla se muestran los consumos para el periodo observado.

Evolución del consumo de energía primaria en España para 2000-2007



Consumo de energía primaria (kilotoneladas de petróleo equivalentes) en España								
Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Consumo (ktep)	124.889	127.734	132.357	136.202	141.846	145.844	144.132	146.779
Fuente: Subdirección General de Energía (2008)								

Grado de independencia energética

El grado de independencia energética se va a representar como el cociente entre la producción interior de energía primaria y el consumo total de energía primaria para cada tipo de combustible.

Porcentaje de energía primaria producida con combustible de origen nacional		
	2006 (%)	2007 (%)
Carbón	33,8	29,0
Petróleo	0,2	0,2
Gas natural	0,2	0,0
Nuclear	100	100
Hidráulica	100	100
Energías renovables	100	100
Total	21,7	20,9
Fuente: Secretaría General de Energía (2007)		

Potencia energética instalada (mw)

La potencia eléctrica instalada muestra el potencial de producción eléctrica existente, y como está estructurado el sistema para la producción de energía.

Es de destacar la relativa importancia de las centrales nucleares y de carbón, comparando en términos porcentuales la estructura del sistema con la participación en la generación.

La producción de energía en centrales de gas natural (ciclo combinado y régimen especial) cuenta con gran importancia en la producción. Dentro de las energías renovables, la producción de energía con biomasa y residuos presenta un papel menos importante.

Potencia instalada a 31/12/2007 y participación en la estructura del sistema y en la generación de energía			
	Potencia Mw	Estructura %	Generación %
Régimen ordinario	65.442	73,3	76,8
Hidráulica	16.658	18,7	8,4
Convencional y mixta	14.112		
Bombeo puro	2.546		
Nuclear	7.716	8,6	17,7
Carbón	11.866	13,3	24,0
Hulla y antracita nacional	5.880		
Lignito negro	1.501		
Lignito pardo	2.031		
Carbón importado	2.454		
Fuel oil-Gas oil	5.865	6,6	4,2
Gas natural	23.337	26,1	22,5
Ciclo combinado	20.958		
Régimen especial	23.876	26,7	23,2
Hidráulica	1.901	2,1	1,3
Eólica	13.786	15,4	8,8
Solar fotovoltaica	623	0,7	0,2
Carbón	130	0,1	0,1
Gas natural	5.183	5,8	9,2
Fuel oil-Gas oil	1.456	1,6	2,2
Biomasa y residuos	797	0,9	1,4
Total nacional	89.318	100	100
Fuente: Secretaría General de Energía (2007)			

Generación de energía (gwh)

La energía eléctrica producida, a partir de los datos de la Secretaría General de Energía (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007), se apoya fundamentalmente en el carbón, el gas natural y la producción nuclear:

En la generación de energía eléctrica con fuentes renovables destaca el papel de la eólica con grandes aumentos en la producción. La biomasa aumenta lentamente.

Energía eléctrica generada (Gwh) por tipo de combustible en 2005, 2006 y 2007			
	Generación 2005	Generación 2006	Generación 2007
Régimen ordinario	227.706	236.201	239.608
Hidráulica	19.169	25.330	26.352
Nuclear	57.539	60.126	55.102
Carbón	80.923	69.343	74.189
·Hulla y antracita nacional	40.416	32.142	20.310
·Lignito negro	13.277	8.641	3.994
·Lignito pardo	9.780	12.826	4.379
·Carbón importado	17.449	15.464	45.506
Fuel oil-Gas oil	16.243	66.973	14.505
Gas natural	53.831	63.506	69.460
Régimen especial	66.538	66.763	72.530
·Hidráulica	3.856	4.193	4.159
·Eólica	21.269	23.401	27.534
·Solar fotovoltaica	78	169	486
·Carbón	535	507	463
·Gas natural	25.449	27.733	28.600
·Fuel oil-Gas oil	6.967	6.631	6.765
·Biomasa y residuos	8.384	4.130	4.524
Total nacional	294.244	302.964	312.138
Fuente: Secretaría General de Energía (MITYC, 2007)			

Con energías renovables (hidráulica, eólica, solar fotovoltaica, biomasa y residuos) se ha producido un 20,2% respecto de la generación total para el año 2007, frente al 18,9% de 2006 y del 17,9% del año 2006. Esta producción renovable está fundamentada en la energía eólica e hidráulica (en conjunto el 93% de la producción).

Potencia instalada (mw) según tipo de energía renovable

La producción con fuentes renovables se centra principalmente en la hidráulica de gran potencia y la eólica, como se puede comprobar en la tabla siguiente.

Potencia instalada (Mw) y producción con energías renovables (Gwh y ktep) en 2007			
Generación	Potencia (Mw)	Producción (Gwh)	Producción (ktep)
Hidráulica (> 50 MW)	13.521	22.176	1.625
Hidráulica (50-10 MW)	2.999	4.243	365
Hidráulica (< 10 MW)	1.853	4.088	352
Biomasa	427	1.738	744
R.S.U.	189	1.548	649
Eólica	15.110	27.050	2.326
Solar fotovoltaica	516	464	40
Biogás	169	637	202
Solar termoelectrica	11	8	2
TOTAL ELÉCTRICAS	34.795	61.952	6.305

Usos térmicos	m² solar baja tª	Producción (ktep)
Biomasa	1.199.745	3.499
Biogás		37
Solar térmica baja tª		95
Geotermia		8
TOTAL TÉRMICAS		3.639

TOTAL ENERGIA RENOVABLE	10.325
Fuente: IDAE (2007)	

El porcentaje de energía producida con fuentes renovables versus la energía total expresados como energía primaria para el año 2007 es superior al 7 %. Este dato es medio punto porcentual más alto que en el año 2006.

El Plan de Energías Renovables (PER) para 2005-2010 marcó el compromiso de cubrir en 2010 con renovables el 12% del consumo de energía primaria, objetivo aún lejano. Y, además, el acuerdo de la UE de Jefes de Estado y Gobierno en 2007, que marca el objetivo "20-20-20" donde se establece (en relación con las energías renovables) que la producción con fuentes renovables sea de un 20% del total de la energía primaria consumida para el año 2020.

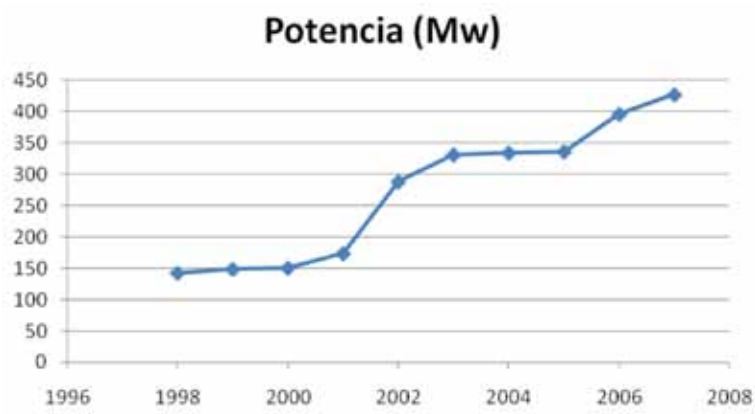
Potencia eléctrica instalada con biomasa en España

La evolución de la potencia eléctrica instalada con biomasa en España muestra una tendencia claramente al alza, sobre todo a partir del año 2001, aunque la cifra que establece el Plan de las Energías Renovables (PER) en España para el 2010 de 2.039 Mw instalados (incremento de 1.695 Mw), está todavía lejos.

Potencia eléctrica instalada con biomasa en España	
Año	Potencia (Mw)
1998	142
1999	148
2000	150
2001	173
2002	288
2003	331
2004	334
2005	336
2006	396
2007	427
Fuente: IDAE (2007)	

Evolución de la potencia instalada con biomasa en España (Mw)

97



Consumos térmicos con biomasa en españa

El consumo de energía con biomasa para usos térmicos, también muestra tendencia creciente lenta, ya que el objetivo del PER marca para 2010 una meta de 4.070 ktep (incremento de 583 ktep).

Consumo de biomasa para usos térmicos (ktep)	
Año	Consumo usos térmicos (ktep)
2000	3.340
2001	3.370
2002	3.375
2003	3.413
2004	3.487
2005	3.504
2006	3.457
2007	3.499

Fuente: IDAE (2007)

Evolución del consumo de biomasa para usos térmicos



Número de plantas de producción de energía eléctrica y térmica con biomasa

A fecha de octubre de 2008, aparecen 45 centrales en el Registro de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica en el régimen especial, que utilizan biomasa como combustible principal (agrícola, forestal o de residuos de empresas agrícolas o forestales), con una potencia instalada de 609.182 kw.

Coste generación kwh (producción tradicional)

Los datos relativos a los costos de generación de la energía eléctrica varían dependiendo de muchos factores, a saber; inversión por el tamaño de la planta de producción (potencia instalada), número de horas de funcionamiento al año, costes de operación y mantenimiento, tratamiento de emisiones, etc. y fundamentalmente del precio del combustible.

En el estudio llevado a cabo por UNESA (Asociación Española de la Energía Eléctrica) en 2007, se recogen los costes estimados de la producción de energía según las diferentes formas de producción.

Costes de producción de un kwh según tipo de generación	
Producción	c€/kwh
Nuclear	0,0364
Eólica terrestre	0,0696
Eólica off-shore	0,0734
Fotovoltaica	0,3801
Hidroeléctrica	0,0455
Carbón	0,0466
Turbina de gas	0,1023-0,1199
Ciclo combinado y gasificación carbón	0,0531-0,0542
Gas de ciclo combinado térmico	0,0530-0,0659
Nuevas tecnologías carbón	0,0554-0,0562
Fuente: UNESA (2007)	

Coste generación kwh (usando biomasa)

No se han encontrado numerosos datos que cuantifiquen el coste de la generación de un kwh usando biomasa, dato que depende mucho de la tecnología utilizada.

El coste estimado de la producción de un kwh usando como combustible biomasa se situaría en el rango de los 0,030 €/kwh (fuente: Grupo Nova Energía, 2007) y los 0,050 €/kwh (fuente: CEDER-CIEMAT, 2005).

Balance de emisiones de CO₂ generadas por la industria

Las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la producción de energía por tipo de combustible se muestran en la tabla siguiente en la que se puede observar la evolución. En ella, el año 1990 se presenta como base según el Protocolo de Kyoto.

Evolución temporal de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de producción de energía (Gg de CO ₂ equivalente)				
	1990	1995	2005	2006
I.A Actividades de combustión	208.353	236.867	343.473	334.335
I.A.1 Industrias del sector energético	77.694	86.813	126.059	117.176
I.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción	46.729	53.652	71.720	70.643
I.A.3 Transporte	57.530	67.021	105.561	108.619
I.A.4 Otros sectores	26.399	29.380	40.133	37.897
I.B Emisiones fugitivas de los combustibles	4.210	4.204	4.087	3.946
I.B.1 Combustibles sólidos	1.835	1.483	1.029	1.055
I.B.2 Petróleo y gas natural	2.375	2.721	3.058	2.892
Total Energía	212.563	241.071	347.559	338.281
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2008)				

La tabla muestra que las emisiones realizadas en el sector transporte casi se ha igualado con las emisiones de las industrias del sector energético 27,0 y 25,1% respectivamente.

En la tabla siguiente se muestra la contribución de las plantas de generación de electricidad y calor de servicio público a las emisiones de GEI, para cada gas principal y su estimación del CO₂ equivalente emitido.

El balance del CO₂ por el uso de madera en la combustión es cero porque el CO₂ que se devuelve a la atmósfera en la combustión había sido previamente fijado en esa madera (acumulado en los tejidos) gracias a la fotosíntesis.

Este hecho tiene una gran importancia, ya que muchas industrias que generan en sus instalaciones energía (eléctrica y/o térmica) con combustibles fósiles para su consumo o venta, mediante la quema de biomasa forestal les evitaría el cómputo de las emisiones de CO₂ relativas a esta producción. Este hecho les sería muy favorable desde el punto de vista económicamente, en términos de marketing y para el medio ambiente.

En relación con el año base (1990) las emisiones de CO₂ equivalente en 2006 para este sector se sitúan en el 158,1%.

101

Evolución temporal de las emisiones de gases de efecto invernadero en las plantas de generación de electricidad y calor por tipo de combustible (Gg)				
	1990	1995	2005	2006
CO ₂				
Líquidos	6.007	7.880	12.960	11.277
Sólidos	57.787	63.397	75.996	65.583
Gaseosos	427	135	20.375	23.814
Biomasa				
Otros	120	221	712	687
Total	64.341	71.633	110.042	101.361
CH ₄				
Líquidos	0,1	0,13	0,32	0,31
Sólidos	0,35	0,39	0,47	0,4
Gaseosos	0	0	1,21	1,56
Biomasa	0	0,16	2,07	2,38
Otros	0	0	0,01	0,01
Total	0,45	0,68	4,08	4,67
N ₂ O				
Líquidos	0,12	0,16	0,28	0,24
Sólidos	0,47	1,21	1,13	0,97
Gaseosos	0,01	0	0,45	0,54
Biomasa	0	0	0,01	0,01
Otros	0,04	0,07	0,18	0,19
Total	0,64	1,44	2,04	1,96
	1990	1995	2005	2006
CO₂-eq (Gg)	64.548	72.095	110.762	102.066

Fuente: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España (MMA, 2008)

Para completar la información sobre las emisiones del sector industrial se presenta en la siguiente tabla la contribución de los procesos de combustión generados en la industria a las emisiones de GEI y su correspondiente estimación del CO₂ equivalente emitido.

El año 1990 se presenta como base para el cálculo. Según esta base, en el año 2006 las emisiones de este sector en términos de CO₂ equivalente se sitúan en el 151,2%.

Evolución temporal de las emisiones de gases de efecto invernadero en las plantas de generación de electricidad y calor por tipo de combustible (Gg)				
	1990	1995	2005	2006
CO ₂				
Líquidos	24.520	28.942	27.368	26.680
Sólidos	13.307	10.442	4.675	4.665
Gaseosos	4.665	13.737	38.530	38.131
Biomasa				
Otros	-	-	346	363
Total	46.266	53.120	70.920	69.840
CH ₄				
Líquidos	0,8	0,9	0,7	0,6
Sólidos	0,7	0,6	0,9	0,9
Gaseosos	0,5	1,2	5,9	6
Biomasa	1,1	1,1	1	1,1
Otros	-	-	0	0
Total	3	3,6	8,6	8,6
N ₂ O				
Líquidos	0,6	0,7	0,6	0,6
Sólidos	0,3	0,2	0,1	0,1
Gaseosos	0,2	0,4	1	1
Biomasa	0,2	0,2	0,3	0,3
Otros	-	-	0	0
Total	1,3	1,5	2	2
	1990	1995	2005	2006
CO₂-eq (Gg)	46.729	53.652	71.720	70.643
Fuente: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España (MMA, 2008)				

Disponibilidad de biomasa por provincia (t/provincia)

Una de las cuestiones más importantes para la utilización de biomasa forestal como materia prima (combustible) en la producción de energía es conocer cual es la disponibilidad de dicha materia. Este es un factor principal a la hora de proponer planes para la producción de energía con biomasa.

En este indicador se cuantifica que cantidad de biomasa forestal es posible obtener anualmente a partir de cortas de aprovechamiento y mejora de los montes españoles.

Proceso de estimación

- La biomasa total (toneladas) se refiere a la cantidad de materia seca (0 % de humedad) existente para los bosques de esa provincia o Comunidad Autónoma, calculado con los datos del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) y las ecuaciones de estimación de biomasa desarrolladas por Montero et al. (2005). Por tanto, la biomasa forestal existente en cada provincia o CCAA incluye todo el peso de materia seca existente para las especies arbóreas consideradas por el Inventario Forestal Nacional.
- El incremento anual de biomasa contiene el crecimiento de biomasa (toneladas/año) neto para los bosques de esa provincia o Comunidad Autónoma, estimado por diferencia de Inventarios (IFN3-IFN2/nº de años entre inventarios).
- El crecimiento anual supone la acumulación en términos de biomasa neta, puesto que están descontadas las extracciones realizadas por cortas de aprovechamientos e incendios forestales, al realizarse la estimación por diferencia de inventarios, donde ya están incluidas esas cantidades.

En Andalucía, para las provincias de Almería, Cádiz, Granada, Huelva, Málaga y Sevilla, dado que no están todavía disponibles los datos del Tercer Inventario Forestal Nacional, los crecimientos de biomasa brutos están calculados por incrementos diametrales (introducidos en los modelos de estimación de biomasa). Estos incrementos diametrales se han obtenido del IFN2 y para aquellas especies que el Inventario no presenta datos se han utilizado de medidas de incremento diametral existentes en el Departamento de Sistemas y Recursos Forestales del CIFOR-INIA. En la determinación del incremento anual neto de estas provincias, al incremento bruto se le resta las extracciones medias anuales de madera

por provincia (expresadas como biomasa seca). Estas extracciones medias (toneladas materia seca/año) están calculadas a partir de los datos de cortas de aprovechamientos realizadas en esa provincia, para el periodo 1996-2006 a partir de los datos de los Anuarios de Estadística Agroalimentaria (Ministerio de Agricultura) y Anuarios de Estadística Forestal (Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino).

105

- Las cantidades de biomasa están diferenciadas en las siguientes fracciones, para poder realizar una mejor cuantificación, y no contabilizar la fracción de fuste dentro de la biomasa forestal utilizable para la producción de energía:
 - fuste, hasta 7 cm en punta delgada,
 - ramas gruesas, con un diámetro mayor de 7 cm,
 - ramas medianas, comprendidas entre un diámetro de 2 y 7 cm,
 - ramas finas, con diámetro menor de 2 cm, y
 - biomasa radical, que en ciertas especies podría presentar potencialidad para su aprovechamiento y generación de energía, p.e. especies del género *Eucalyptus* o *Populus*.
- Las tablas que se presentan a continuación muestran la biomasa existente en las provincias y Comunidades Autónomas (para el año de Inventario y para el año 2008) y los incrementos de biomasa anuales (incremento bruto para el caso de algunas provincias de Andalucía al que hay que descontar las extracciones mostradas e incremento neto para el resto).

ANDALUCÍA

BALANCE TOTAL ALMERÍA. IFN 2

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1995)	1.133.457	123.557
INC. BRUTO ANUAL	83.053	2.630
EXTRACCIONES	5.657	180
BIOMASA (2008)	2.139.608	155.396

BALANCE TOTAL CÁDIZ. IFN 2

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1996)	2.478.397	2.612.223
INC. BRUTO ANUAL	90.714	79.891
EXTRACCIONES	5.623	670
BIOMASA (2008)	3.499.492	3.562.886

BALANCE TOTAL CÓRDOBA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2006)	8.040.331	8.403.913
INC. ANUAL BIOMASA	370.005	388.204
BIOMASA (2008)	8.780.342	9.180.321

BALANCE TOTAL GRANADA. IFN 2

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1995)	3.362.239	435.784
INC. BRUTO ANUAL	362.431	21.497
EXTRACCIONES	48.883	4.894
BIOMASA (2008)	7.438.362	651.627

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
243.782	531.964	2.032.760	796.850	2.829.610
17.210	32.428	136.520	50.395	186.914
868	2.568	9.272	2.591	11.864
456.238	920.147	3.686.975	1.418.295	5.105.270

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
869.163	580.571	6.540.354	2.323.803	8.844.257
32.933	25.243	237.377	109.558	345.733
946	1.399	8.637	8.472	17.109
1.253.013	866.701	9.285.232	3.536.844	12.787.751

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.804.962	3.764.655	24.013.862	10.455.606	34.469.468
169.712	167.316	1.095.237	469.387	1.564.624
4.144.387	4.099.286	26.204.336	11.394.380	37.598.716

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
712.563	1.239.316	5.749.902	2.538.291	8.288.193
67.986	90.213	543.930	208.840	752.770
7.052	10.636	71.465	26.122	97.586
1.504.700	2.273.821	11.891.952	4.913.628	16.805.580

BALANCE TOTAL HUELVA. IFN 2

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1996)	6.718.430	4.661.000
INC. BRUTO ANUAL	793.907	108.919
EXTRACCIONES	157.852	3.329
BIOMASA (2008)	14.351.087	5.928.080

BALANCE TOTAL JAÉN. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2006)	10.160.074	2.212.408
INC. ANUAL BIOMASA	381.568	114.362
BIOMASA (2008)	10.923.210	2.441.133

BALANCE TOTAL MÁLAGA. IFN 2

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1995)	1.742.717	942.298
INC. BRUTO ANUAL	72.719	24.976
EXTRACCIONES	16.704	2.602
BIOMASA (2008)	2.470.911	1.233.157

BALANCE TOTAL SEVILLA. IFN 2

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1996)	2.239.632	2.492.150
INC. BRUTO ANUAL	118.993	54.103
EXTRACCIONES	17.781	956
BIOMASA (2008)	3.454.169	3.129.913

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.400.294	2.765.022	16.544.744	22.541.407	39.086.151
164.000	218.137	1.288.135	3.476.197	4.764.332
29.998	45.927	237.007	1.079.369	1.316.376
4.008.315	4.831.546	29.158.286	51.303.343	80.461.629

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.516.207	3.535.291	18.423.980	8.795.715	27.219.695
114.084	142.916	752.930	396.491	1.149.422
2.744.376	3.821.123	19.929.841	9.588.698	29.518.538

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
458.718	548.641	3.692.374	1.384.453	5.004.720
18.192	22.835	141.742	54.881	193.233
2.839	4.446	26.590	12.041	38.632
658.302	787.706	5.189.344	1.941.373	7.014.539

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.065.611	964.042	6.761.434	4.098.609	10.860.043
37.746	38.935	251.181	344.179	595.359
3.447	4.944	27.128	80.866	107.994
1.477.204	1.371.934	9.450.062	7.258.368	16.708.429

BALANCE TOTAL ANDALUCÍA. IFN 3 E IFN 2

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2008)	53.057.180	26.282.512
INC. ANUAL BIOMASA	2.020.890	781.951

ARAGÓN

BALANCE TOTAL HUESCA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	24.654.245	3.644.983
INC. ANUAL BIOMASA	751.891	169.627
BIOMASA (2008)	26.909.918	4.153.866

BALANCE TOTAL TERUEL. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	16.398.560	882.584
INC. ANUAL BIOMASA	36.383.898	41.534
BIOMASA (2008)	17.984.113	1.007.187

BALANCE TOTAL TERUEL. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	16.398.560	882.584
INC. ANUAL BIOMASA	36.383.898	41.534
BIOMASA (2008)	17.984.113	1.007.187

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
16.246.535	18.972.265	114.796.028	91.354.928	206.000.452
576.714	668.104	4.066.952	3.900.468	7.962.828



Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
5.085.650	6.724.146	40.109.024	19.181.604	59.290.628
172.936	205.152	1.299.606	626.940	1.926.546
5.604.458	7.339.600	44.007.842	21.062.423	65.070.266

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.150.203	5.667.119	26.098.465	10.285.432	36.383.898
108.790	184.235	863.077	353.671	1.216.748
3.476.572	6.219.824	28.687.696	11.346.446	40.034.142

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.150.203	5.667.119	26.098.465	10.285.432	36.383.898
108.790	184.235	863.077	353.671	1.216.748
3.476.572	6.219.824	28.687.696	11.346.446	40.034.142

BALANCE TOTAL ZARAGOZA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	6.927.605	664.361
INC. ANUAL BIOMASA	267.893	35.668
BIOMASA (2008)	7.731.284	771.366

BALANCE TOTAL ARAGÓN. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	47.980.410	5.191.929
INC. ANUAL BIOMASA	1.548.302	246.830
BIOMASA (2008)	52.625.315	5.932.419

ASTURIAS

BALANCE TOTAL ASTURIAS. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1998)	26.843.793	6.113.907
INC. ANUAL BIOMASA	826.537	209.088
BIOMASA (2008)	35.109.166	8.204.785

CANTABRIA

BALANCE TOTAL CANTABRIA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2000)	15.548.030	4.267.801
INC. ANUAL BIOMASA	223.771	125.254
BIOMASA (2008)	17.338.197	5.269.834

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.769.659	2.947.174	12.308.799	6.727.225	19.036.023
70.317	103.743	479.243	266.764	746.008
1.980.609	3.258.402	13.746.529	7.527.517	21.274.046

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
10.005.511	15.338.438	78.516.288	36.194.261	114.710.549
352.043	493.129	2.641.926	1.247.375	3.889.301
11.061.640	16.817.827	86.442.067	39.936.386	126.378.453

--

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
6.472.640	5.938.637	45.368.977	48.196.297	93.565.274
217.207	189.577	1.442.409	1.873.441	3.315.850
8.644.707	7.834.411	59.793.068	66.930.708	126.723.776

--

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.310.760	2.622.785	25.749.375	25.466.676	51.216.051
69.056	64.437	482.518	369.181	851.699
3.863.211	3.138.280	29.609.522	28.420.121	58.029.643

CASTILLA Y LEÓN

BALANCE TOTAL ÁVILA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	6.532.677	3.488.535
INC. ANUAL BIOMASA	202.104	148.581
BIOMASA (2008)	7.341.093	4.082.858

BALANCE TOTAL BURGOS. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	17.425.831	5.936.437
INC. ANUAL BIOMASA	514.825	201.300
BIOMASA (2008)	19.485.132	6.741.636

BALANCE TOTAL LEÓN. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	14.839.061	10.258.302
INC. ANUAL BIOMASA	733.579	658.519
BIOMASA (2008)	17.773.376	12.892.377

BALANCE TOTAL PALENCIA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	5.449.971	2.188.671
INC. ANUAL BIOMASA	203.590	94.209
BIOMASA (2008)	6.264.330	2.565.509

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.693.333	1.932.437	13.646.982	5.408.444	19.055.426
61.921	64.071	476.677	201.197	677.874
1.941.018	2.188.722	15.553.690	6.213.232	21.766.922

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
4.685.386	4.706.238	32.753.893	17.816.952	50.570.845
141.950	136.413	994.488	512.267	1.506.755
5.253.188	5.251.890	36.731.846	19.866.019	56.597.865

Biomasa aérea					Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea				
R 2-7 cm	R < 2 cm					
5.538.320	3.874.773	34.510.456	19.375.598	53.886.054		
325.534	204.268	1.921.900	1.008.906	2.930.806		
6.840.457	4.691.846	42.198.056	23.411.221	65.609.277		

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.670.817	1.508.555	10.818.013	5.145.114	15.963.127
64.533	57.979	420.311	148.824	569.135
1.928.949	1.740.469	12.499.257	5.740.412	18.239.669

BALANCE TOTAL SALAMANCA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	5.520.487	13.122.414
INC. ANUAL BIOMASA	205.952	596.934
BIOMASA (2008)	6.344.294	15.510.151

BALANCE TOTAL SEGOVIA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	9.062.448	1.390.128
INC. ANUAL BIOMASA	183.555	47.513
BIOMASA (2008)	9.796.667	1.580.180

BALANCE TOTAL SORIA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	14.895.374	2.321.144
INC. ANUAL BIOMASA	383.938	72.115
BIOMASA (2008)	16.431.126	2.609.606

BALANCE TOTAL VALLADOLID. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	3.731.957	1.307.524
INC. ANUAL BIOMASA	99.802	37.733
BIOMASA (2008)	4.131.165	1.458.457

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.758.933	2.817.561	25.219.395	9.610.192	34.829.587
147.952	111.059	1.061.898	391.203	1.453.100
4.350.743	3.261.798	29.466.986	11.175.002	40.641.988

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.490.940	1.971.532	13.915.048	4.875.366	18.790.414
38.725	44.008	313.800	123.832	437.632
1.645.839	2.147.562	15.170.249	5.370.694	20.540.943

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.292.810	4.155.988	24.665.317	11.259.251	35.924.568
82.052	101.949	640.055	269.637	909.692
3.621.019	4.563.786	27.225.537	12.337.798	39.563.335

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
973.580	1.421.259	7.434.320	2.356.591	9.790.911
28.375	36.717	202.627	72.433	275.059
1.087.079	1.568.126	8.244.827	2.646.322	10.891.149

BALANCE TOTAL ZAMORA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	3.945.494	3.438.985
INC. ANUAL BIOMASA	166.596	175.874
BIOMASA (2008)	4.611.879	4.142.479

BALANCE TOTAL CASTILLA Y LEÓN. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	81.403.300	43.452.139
INC. ANUAL BIOMASA	2.693.941	2.032.778
BIOMASA (2008)	92.179.062	51.583.252

CASTILLA - LA MANCHA

BALANCE TOTAL ALBACETE. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	7.148.607	952.484
INC. ANUAL BIOMASA	224.030	38.370
BIOMASA (2008)	8.044.729	1.105.963

BALANCE TOTAL CIUDAD REAL. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	7.061.599	3.769.277
INC. ANUAL BIOMASA	375.460	216.302
BIOMASA (2008)	8.563.439	4.634.486

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.604.227	1.495.552	10.484.257	4.248.787	14.733.044
77.479	64.466	484.415	198.003	682.418
1.914.143	1.753.416	12.421.917	5.040.800	17.462.717

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
24.708.347	23.883.895	173.447.680	80.096.296	253.543.976
968.522	820.930	6.516.171	2.926.301	9.442.472
28.582.435	27.167.616	199.512.365	91.801.500	291.313.865

--

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.661.389	2.970.052	12.732.533	5.777.390	18.509.923
59.339	96.885	418.624	202.521	621.146
1.898.745	3.357.592	14.407.029	6.587.476	20.994.505

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.795.193	2.837.458	16.463.527	10.379.633	26.843.160
163.393	159.111	914.266	588.107	1.502.374
3.448.765	3.473.902	20.120.592	12.732.062	32.852.655

BALANCE TOTAL CUENCA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	18.248.663	1.425.414
INC. ANUAL BIOMASA	427.254	49.533
BIOMASA (2008)	19.957.678	1.623.545

BALANCE TOTAL GUADALAJARA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	12.184.661	1.924.570
INC. ANUAL BIOMASA	371.710	85.750
BIOMASA (2008)	13.671.503	2.267.568

BALANCE TOTAL TOLEDO. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	4.878.159	4.105.966
INC. ANUAL BIOMASA	278.539	248.687
BIOMASA (2008)	5.992.315	5.100.713

BALANCE TOTAL CASTILLA - LA MANCHA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2004)	49.521.689	12.177.710
INC. ANUAL BIOMASA	1.676.993	638.641
BIOMASA (2008)	56.229.663	14.732.275

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.408.360	6.177.299	29.259.736	11.075.410	40.335.147
98.325	149.992	731.628	314.005	1.045.634
3.801.660	6.777.267	32.186.250	12.331.432	44.517.682

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.226.398	4.248.416	21.584.046	10.898.322	32.482.368
110.771	128.762	703.918	359.350	1.063.268
3.669.481	4.763.462	24.399.717	12.335.723	36.735.440

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.218.728	2.043.277	13.246.129	7.530.793	20.776.922
134.159	118.632	780.017	452.884	1.232.901
2.755.365	2.517.805	16.366.197	9.342.330	25.708.527

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
13.310.068	18.276.503	93.285.971	45.661.548	138.947.519
565.987	653.381	3.548.454	1.916.869	5.465.322
15.574.016	20.890.028	107.479.786	53.329.023	160.808.809

CATALUÑA

BALANCE TOTAL BARCELONA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2001)	14.880.217	3.666.246
INC. ANUAL BIOMASA	348.549	163.041
BIOMASA (2008)	17.320.060	4.807.533

BALANCE TOTAL GIRONA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2001)	17.159.603	5.429.246
INC. ANUAL BIOMASA	463.560	179.715
BIOMASA (2008)	20.404.521	6.687.250

BALANCE TOTAL LLEIDA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2001)	25.572.712	3.814.037
INC. ANUAL BIOMASA	632.693	213.239
BIOMASA (2008)	30.001.564	5.306.707

BALANCE TOTAL TARRAGONA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2001)	4.774.392	685.973
INC. ANUAL BIOMASA	154.217	28.639
BIOMASA (2008)	5.853.910	886.448

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
4.215.600	5.665.888	28.427.950	13.977.350	42.405.300
122.874	129.872	764.336	395.548	1.159.884
5.075.716	6.574.992	33.778.301	16.746.189	50.524.490

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
5.320.360	5.313.746	33.222.954	19.812.649	53.035.604
144.165	137.180	924.620	530.578	1.455.199
6.329.518	6.274.009	39.695.297	23.526.697	63.221.995

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
5.265.320	6.558.695	41.210.764	17.308.667	58.519.431
179.017	177.726	1.202.675	603.020	1.805.695
6.518.439	7.802.779	49.629.490	21.529.808	71.159.298

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.338.770	2.365.542	9.164.677	4.305.590	13.470.267
44.516	78.485	305.857	140.009	445.867
1.650.383	2.914.937	11.305.677	5.285.656	16.591.334

BALANCE TOTAL CATALUÑA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2001)	62.386.923	13.595.502
INC. ANUAL BIOMASA	1.599.019	584.634
BIOMASA (2008)	73.580.055	17.687.938

COMUNIDAD VALENCIANA

BALANCE TOTAL ALICANTE. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	1.396.275	210.674
INC. ANUAL BIOMASA	71.056	12.471
BIOMASA (2008)	1.609.445	248.088

BALANCE TOTAL CASTELLÓN. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	5.240.745	852.486
INC. ANUAL BIOMASA	218.302	41.288
BIOMASA (2008)	5.895.653	976.348

BALANCE TOTAL VALENCIA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	4.228.164	485.318
INC. ANUAL BIOMASA	126.688	19.420
BIOMASA (2008)	4.608.227	543.578

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
16.140.050	19.903.870	112.026.345	55.404.257	167.430.602
490.572	523.264	3.197.489	1.669.156	4.866.645
19.574.056	23.566.716	134.408.765	67.088.351	201.497.116



Biomasa aérea					Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea				
R 2-7 cm	R < 2 cm					
362.388	804.750	2.774.088	1.097.013	3.871.101		
18.393	40.674	142.595	54.113	196.708		
417.568	926.773	3.201.874	1.259.352	4.461.227		

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.602.485	2.414.273	10.109.989	5.958.640	16.068.629
71.261	102.101	435.465	260.508	695.973
1.816.267	2.720.576	11.416.383	6.740.165	18.156.548

Biomasa aérea					Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea				
R 2-7 cm	R < 2 cm					
926.469	2.268.241	7.908.191	2.970.365	10.878.556		
30.017	66.414	242.663	98.965	341.628		
1.016.519	2.467.483	8.636.181	3.267.259	11.903.440		

BALANCE TOTAL COMUNIDAD VALENCIANA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	10.865.184	1.548.477
INC. ANUAL BIOMASA	416.046	73.179
BIOMASA (2008)	12.113.324	1.768.015

EXTREMADURA

BALANCE TOTAL BADAJOZ. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2002)	11.351.311	16.382.133
INC. ANUAL BIOMASA	383.252	547.305
BIOMASA (2008)	13.650.820	19.665.964

BALANCE TOTAL CÁCERES. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2002)	10.885.423	13.987.170
INC. ANUAL BIOMASA	421.511	579.719
BIOMASA (2008)	13.414.492	17.465.482

BALANCE TOTAL EXTREMADURA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2002)	22.236.734	30.369.303
INC. ANUAL BIOMASA	804.763	1.127.024
BIOMASA (2008)	27.065.312	37.131.447

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.891.342	5.487.264	20.792.268	10.026.019	30.818.286
119.671	209.189	820.724	413.586	1.234.309
3.250.354	6.114.832	23.254.438	11.266.776	34.521.214



Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
5.851.458	5.318.901	38.903.802	21.166.326	60.070.128
200.439	182.340	1.313.336	649.788	1.963.124
7.054.090	6.412.943	46.783.817	25.065.054	71.848.871

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
5.161.984	4.422.433	34.457.010	17.470.797	51.927.807
204.774	174.105	1.380.110	666.670	2.046.780
6.390.631	5.467.065	42.737.670	21.470.816	64.208.486

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
11.013.442	9.741.333	73.360.812	38.637.123	111.997.935
405.213	356.446	2.693.446	1.316.458	4.009.904
13.444.720	11.880.007	89.521.486	46.535.871	136.057.357

GALICIA

BALANCE TOTAL A CORUÑA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1998)	22.921.161	615.472
INC. ANUAL BIOMASA	481.258	13.412
BIOMASA (2008)	27.733.743	749.592

BALANCE TOTAL LUGO. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1998)	27.460.514	5.612.875
INC. ANUAL BIOMASA	852.531	153.690
BIOMASA (2008)	35.985.827	7.149.772

BALANCE TOTAL OURENSE. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1998)	9.840.064	4.571.612
INC. ANUAL BIOMASA	352.508	240.087
BIOMASA (2008)	13.365.143	6.972.482

BALANCE TOTAL PONTEVEDRA. IFN 3

	Fuste	R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1998)	9.840.064	4.571.612
INC. ANUAL BIOMASA	352.508	240.087
BIOMASA (2008)	13.365.143	6.972.482

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
3.116.616	4.165.711	30.818.960	44.380.032	75.198.992
92.608	99.735	687.014	1.974.240	2.661.253
4.042.694	5.163.066	37.689.096	64.122.431	101.811.526

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
5.003.875	4.726.475	42.803.739	31.572.612	74.376.351
154.996	151.338	1.312.554	1.457.973	2.770.527
6.553.833	6.239.851	55.929.283	46.152.339	102.081.621

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.283.707	2.062.969	18.758.352	8.106.213	26.864.565
102.806	72.478	767.880	341.920	1.109.800
3.311.769	2.787.754	26.437.148	11.525.416	37.962.564

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.283.707	2.062.969	18.758.352	8.106.213	26.864.565
102.806	72.478	767.880	341.920	1.109.800
3.311.769	2.787.754	26.437.148	11.525.416	37.962.564

BALANCE TOTAL A CORUÑA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1998)	70.061.802	15.371.570
INC. ANUAL BIOMASA	2.038.805	647.276
BIOMASA (2008)	90.449.856	21.844.329

ILLES BALEARES

BALANCE TOTAL ILLES BALEARES. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1999)	2.859.117	1.003.761
INC. ANUAL BIOMASA	55.873	36.961
BIOMASA (2008)	3.361.971	1.336.407

ISLAS CANARIAS

BALANCE TOTAL S.C. TENERIFE. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2002)	8.866.617	1.585.267
INC. ANUAL BIOMASA	252.032	57.082
BIOMASA (2008)	10.378.810	1.927.757

BALANCE TOTAL LAS PALMAS. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2002)	758.056	83.364
INC. ANUAL BIOMASA	28.100	3.844
BIOMASA (2008)	926.656	106.426

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
12.687.904	13.018.125	111.139.402	92.165.069	203.304.472
453.216	396.030	3.535.327	4.116.053	7.651.380
17.220.066	16.978.424	146.492.675	133.325.601	279.818.276



Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
990.099	1.586.134	6.439.111	3.082.126	9.521.237
26.258	27.323	146.415	84.861	231.276
1.226.424	1.832.044	7.756.846	3.845.873	11.602.719



Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.185.829	2.401.708	14.039.420	5.475.212	19.514.632
39.885	81.758	430.757	188.305	619.062
1.425.141	2.892.253	16.623.961	6.605.042	23.229.003

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
81.369	121.564	1.044.353	565.897	1.610.250
3.568	4.535	40.047	14.169	54.216
102.780	148.775	1.284.637	650.909	1.935.546

BALANCE TOTAL ISLAS CANARIAS. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2002)	9.624.672	1.668.631
INC. ANUAL BIOMASA	280.132	60.925
BIOMASA (2008)	11.305.465	2.034.184

LA RIOJA

BALANCE TOTAL LA RIOJA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1999)	7.945.841	3.062.964
INC. ANUAL BIOMASA	274.617	86.155
BIOMASA (2008)	10.417.393	3.838.362

MADRID

BALANCE TOTAL MADRID. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2000)	5.586.032	2.400.350
INC. ANUAL BIOMASA	201.739	114.895
BIOMASA (2008)	7.199.940	3.319.509

MURCIA

BALANCE TOTAL MURCIA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1999)	3.365.919	273.930
INC. ANUAL BIOMASA	139.314	13.299
BIOMASA (2008)	4.619.742	393.624

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.267.198	2.523.272	15.083.774	6.041.108	21.124.882
43.454	86.293	470.804	202.474	673.278
1.527.921	3.041.028	17.908.598	7.255.951	25.164.549

133

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.147.828	1.909.287	15.065.919	10.091.443	25.157.363
62.334	62.860	485.966	275.085	761.051
2.708.835	2.475.026	19.439.615	12.567.208	32.006.823

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.836.783	1.888.020	11.711.186	5.842.496	17.553.681
76.041	69.457	462.132	250.112	712.244
2.445.114	2.443.680	15.408.242	7.843.393	23.251.635

Biomasa aérea				
Ramas		Total aérea	Biomasa radical	Biomasa total
R 2-7 cm	R < 2 cm			
721.223	1.810.066	6.171.137	2.206.399	8.377.536
31.718	75.919	260.250	96.907	357.158
1.006.686	2.493.339	8.513.390	3.078.565	11.591.955

NAVARRA

BALANCE TOTAL NAVARRA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (1999)	34.755.112	6.357.817
INC. ANUAL BIOMASA	639.328	189.850
BIOMASA (2008)	40.509.063	8.066.471

PAÍS VASCO

BALANCE TOTAL ÁLAVA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	9.411.171	3.151.662
INC. ANUAL BIOMASA	182.731	98.099
BIOMASA (2008)	9.959.364	3.445.959

BALANCE TOTAL GIPUZKOA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	11.866.251	1.465.654
INC. ANUAL BIOMASA	263.037	50.578
BIOMASA (2008)	12.655.361	1.617.389

BALANCE TOTAL VIZCAYA. IFN 3

	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	10.445.321	894.181
INC. ANUAL BIOMASA	151.718	28.269
BIOMASA (2008)	10.900.474	978.988

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
6.848.324	6.145.739	54.106.992	37.079.455	91.186.448
147.061	110.034	1.086.273	293.979	1.380.252
8.171.871	7.136.040	63.883.445	39.725.268	103.608.713

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
2.300.408	1.863.899	16.727.140	10.172.761	26.899.901
57.117	45.467	383.415	227.175	610.590
2.471.760	2.000.300	17.877.384	10.854.287	28.731.671

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.821.576	1.589.796	16.743.277	7.662.688	24.405.965
47.007	40.635	401.257	157.879	559.136
1.962.597	1.711.700	17.947.047	8.136.326	26.083.373

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
1.312.224	1.214.810	13.866.537	7.153.438	21.019.975
26.343	22.652	228.981	116.795	345.776
1.391.253	1.282.766	14.553.481	7.503.822	22.057.304

136

BALANCE TOTAL PAÍS VASCO. IFN 3		
	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2005)	31.722.743	5.511.497
INC. ANUAL BIOMASA	597.485	176.946
BIOMASA (2008)	33.515.200	6.042.336

ESPAÑA

BALANCE TOTAL ESPAÑA. IFN 2 E IFN 3		
	Fuste	
		R > 7 cm
BIOMASA TOTAL (2008)	620.675.905	215.467.697
INC. ANUAL BIOMASA	16.037.555	7.145.688

Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
5.434.208	4.668.505	47.336.953	24.988.887	72.325.841
130.467	108.754	1.013.653	501.849	1.515.502
5.825.610	4.994.766	50.377.912	26.494.436	76.872.348

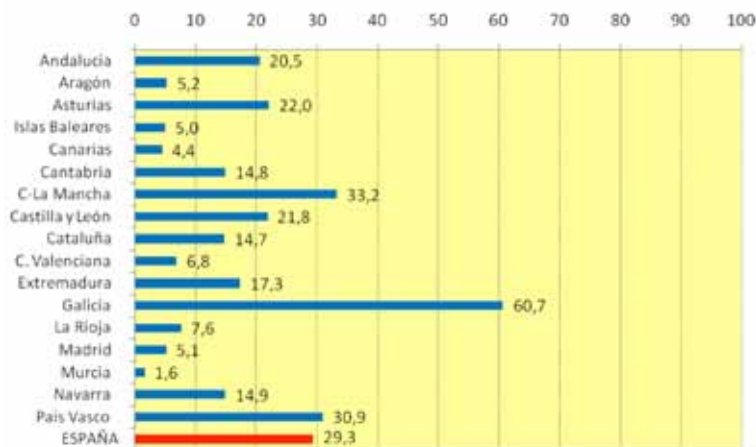


Biomasa aérea			Biomasa radical	Biomasa total
Ramas		Total aérea		
R 2-7 cm	R < 2 cm			
160.374.200	177.776.327	1.174.598.249	730.799.958	1.905.247.703
4.735.535	4.915.127	32.870.909	21.454.155	54.320.472

Para analizar la situación actual de disponibilidad de biomasa forestal se realiza una comparación del ratio de aprovechamiento medio en España, expresado como la relación entre las extracciones de madera por cortas y el crecimiento en volumen.

Utilizando los datos del año 2006 (Anuario de Estadística Forestal 2006) el ratio de aprovechamiento medio se sitúa en el 29,3%. Como se puede ver en la figura existen extremos máximos en Galicia con 60,7% y mínimos en Murcia con el 1,6% del crecimiento extraído.

Tasas de cortas de aprovechamiento por CCAA en relación con el crecimiento en volumen



Sí, siendo conservadores en términos de aprovechamiento forestal, se puede garantizar la conservación mediante el aumento de las existencias del bosque, se propone entonces una tasa de aprovechamiento teórico del 50 % del crecimiento anual.

Con el aumento del porcentaje de aprovechamiento se generaría un mayor volumen de madera en el mercado, así como una mayor cantidad de biomasa residual que podría ser aprovechada tanto para usos energéticos como para la industria de la madera. Este mayor volumen de madera en el mercado también sería asumible por las industrias del sector de la madera (muebles, tableros,

carpintería,...) ya que existe una cantidad importante de madera de importación (vista en otros indicadores) que podría reducirse, cubriéndose esa demanda con madera nacional.

139

Para la estimación de la biomasa potencialmente aprovechable, tanto para usos energéticos como para la industria de la madera, se determinará la biomasa procedente de los restos de cortas de aprovechamiento, no considerándose por tanto la extraída en la fracción de fuste (objetivo principal de estas cortas) que iría en su totalidad para la industria de la madera (teóricamente). También podría darse el caso que en algunas masas, aquellas sin valor comercial de la madera pero sobre todo en montes bajos, el objetivo principal de las cortas de aprovechamiento fuera obtener biomasa. Estos montes bajos (pies procedentes de brotes de cepa o raíz –reproducción vegetativa-) han sido toda la vida productores de leñas y carbón como recurso energético fundamental para la supervivencia y desarrollo de las comunidades humanas (Bravo Fernández et al., 2008), y es posible recuperar esa aptitud productiva de nuevo con fines energéticos. En estas cuantificaciones realizadas no se incluirá el supuesto de uso de la fracción fuste con fines energéticos. Tampoco la fracción de biomasa radical estará incluida en esta cuantificación por su dificultad y rareza en el aprovechamiento (aunque en algunas especies pudiera realizarse).

Con los datos disponibles y las consideraciones antes explicadas anteriormente se ha creado la tabla de disponibilidad de biomasa aprovechable por provincia y Comunidad Autónoma a partir de los datos de aprovechamiento (año 2006) y de biomasa potencialmente utilizable para el caso de aprovechamiento del 50% del crecimiento expresado en biomasa.

Disponibilidad de biomasa forestal aprovechable según cortas (año 2006) y estimación según tasa de aprovechamiento del 50% del crecimiento.

Biomasa disponible (t mat. Seca/año)		
	Según cortas 2006	Ratio aprovechamiento 50%
Almería	3.425	24.326
Cádiz	33.545	67.527
Córdoba	238.390	362.616
Granada	29.105	78.557
Huelva	84.792	205.901
Jaén	41.695	185.681
Málaga	2.725	28.058
Sevilla	95.771	60.719
ANDALUCÍA	529.447	1.013.385
Huesca	17.625	273.858
Teruel	27.623	167.280
Zaragoza	11.447	104.864
ARAGÓN	56.694	546.001
ASTURIAS	135.737	307.936
CANTABRIA	38.416	129.374
Avila	53.397	137.287
Burgos	64.411	239.831
León	195.580	594.161
Palencia	36.921	108.361
Salamanca	143.448	427.973
Segovia	40.159	65.123
Soria	81.421	128.059
Valladolid	28.730	51.412
Zamora	85.816	158.909
CASTILLA Y LEÓN	729.883	1.911.115
Albacete	3.439	97.297
Ciudad Real	29.176	269.403
Cuenca	29.161	148.925
Guadalajara	323.947	162.641
Toledo	214.311	250.739

CASTILLA-LA MANCHA	600.033	929.005
Barcelona	82.203	207.893
Girona	78.630	230.530
Lleida	58.031	284.991
Tarragona	3.768	75.820
CATALUÑA	222.631	799.235
Alicante	1.678	35.770
Castellón	5.459	107.325
Valencia	14.495	57.925
COMUNIDAD VALENCIANA	21.632	201.020
Badajoz	165.846	465.042
Cáceres	162.647	479.299
EXTREMADURA	328.493	944.341
A Coruña	120.255	102.878
Lugo	254.522	230.012
Ourense	290.942	207.686
Pontevedra	288.087	207.686
GALICIA	953.806	748.261
ILLES BALEARS	4.486	45.271
Las Palmas	-	5.974
S.C. de Tenerife	8.735	89.362
ISLAS CANARIAS	8.735	95.336
LA RIOJA	16.008	105.675
MADRID	13.337	130.197
MURCIA	1.889	60.468
NAVARRA	66.387	223.472
Alava	49.369	100.342
Guipúzcoa	43.696	69.110
Vizcaya	25.029	38.632
PAÍS VASCO	118.094	208.084
ESPAÑA	3.845.707	8.398.175

Del estudio de la tabla anterior podemos realizar una serie de comentarios:

- La tasa de aprovechamiento actual se sitúa por encima del 50% en las provincias de A Coruña, Lugo, Ourense, Pontevedra, Sevilla y Guadalajara.

En el caso de las provincias gallegas existe una importante actividad forestal asociada a las especies de crecimiento rápido (*Eucalyptus*, *Pinus radiata*, *Pinus Pinaster*) en terrenos de potencialidad alta, contando con alta posibilidad de corta.

En la provincia de Guadalajara existe, para el año 2006, un gran aumento de las cortas de aprovechamiento fundamentalmente en la especie *Pinus Pinaster* (más de 778.000 m³ extraídos de esta especie), en su amplia mayoría procedentes de las áreas incendiadas en el incendio de julio de 2005.

La provincia de Sevilla presenta también unos ratios de aprovechamiento bastante altos, quizás como consecuencia de los trabajos de extracción de madera quemada procedente del incendio del verano de 2004 en las provincias de Huelva y Sevilla (30.000 ha quemadas).

- En líneas generales Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña y Extremadura presentan tasas de aprovechamiento relativamente bajas, considerando que presentan con un gran potencial para suministrar biomasa procedente de cortas de aprovechamiento y mejoras.

- Las provincias con mayor potencial estimado para la producción de biomasa procedente de restos de cortas son León con una posibilidad de casi 600.000 t mat. seca/año, y Cáceres, Badajoz y Salamanca con más de 400.000 t mat. seca/año cada una, para el supuesto de una tasa del 50% de aprovechamiento.

El aumento del ratio de aprovechamiento hasta el 50% propuesto (medio) haría aumentar la superficie forestal ordenada en la que se realizase gestión forestal sostenible. En la actualidad, y según datos del Anuario de Estadística Forestal 2006 (Ministerio de Medio Ambiente, 2007), el porcentaje de superficie ordenada respecto al total forestal es del 12,67%.

Con la tasa de corta propuesta y el aumento de la superficie ordenada en nuestro país no sólo existiría una mayor cantidad de materia prima en el mercado para diferentes usos, sino además redundaría en una mejora general del estado de los bosques españoles:

- Protección contra incendios forestales. La extracción de biomasa del monte disminuiría el combustible potencial con la disminución del peligro de inicio de incendio y disminuyendo su velocidad de propagación y potencia destructora.
- Mejora selvícola de la masa: La disminución de la competencia por recursos como el agua y los nutrientes (fundamentalmente), así como el estímulo del crecimiento posibilitarían un aumento de las producciones. Además, la masa estaría en mejor estado fitosanitario en relación con ataques de plagas o enfermedades.
- Aumento en el empleo rural, debido al crecimiento de trabajo tanto en la explotación forestal, como en la industria de la madera.

Conclusiones

- La cantidad de madera extraída por cortas de aprovechamiento en España está estancada alrededor de 15 millones de m³. Esta cantidad es insuficiente, desde el punto de vista de la demanda de productos de madera (incluida la bioenergía) puesto que existe un déficit de madera que se cubre con importaciones.
- Se ha constatado, en términos de superficie y de biomasa acumulada en los bosques, un aumento de la superficie forestal en las últimas décadas, sobre todo en tierras agrarias abandonadas y por densificaciones de zonas con poco arbolado. Es necesario, tal y como indica el Plan Forestal Español, cumplir con los objetivos que en él se incluyen sobre gestión de montes para mantenerlos en buen estado vegetativo, permitiendo cumplir sus funciones planificadas y evitar el peligro de incendios forestales. Se ha constatado, de acuerdo con los datos, que el número de hectáreas quemadas y de incendios ha disminuido en los últimos años, aunque parece un periodo demasiado corto como para considerarlo como tendencia.
- Si el monte es gestionado y en él se realizan los trabajos necesarios de gestión, sería posible aumentar la cantidad de madera disponible en España para los distintos usos del sector de la madera.

- Es necesario la creación de un registro oficial de superficie forestal dedicada a cultivos energéticos (cultivos forestales de ciclo corto), debido al gran interés que presentarán en un futuro próximo.
- Existe una gran cantidad de madera reciclada y restos (serrines, costeros,...) que es recuperada y utilizada por la industria del tablero. Actualmente el 63% de su materia prima es madera reciclada y sus planes futuros es llegar al 80%. Con estas cifras, no parece probable que exista una fuerte competencia de este sector por biomasa con destino a la producción de energía, planteándose un aumento de la cantidad en el mercado.
- No existe una normativa que impida el depósito de madera en vertedero. Su establecimiento aumentaría las cantidades para reciclar; recuperar y/o valorizar; siendo muy interesante para el uso como biocombustible.
- El precio de la madera permanece estancado en España desde hace décadas, mientras que los costes de la gestión de los bosques y del procesado de la madera ha ido en aumento. Por esta razón, en muchas de las masas españolas la gestión es mínima (sobre todo en las económicamente no rentables).
- El precio de los pellets en España es más barato que en Europa, debido a la falta de un mercado y a la no existencia de legislación sobre la calidad de los mismos.
- La demanda de energía ha sido creciente en los últimos años (146.779 ktep en 2007), y esa parece ser su tendencia futura. Además, España presente una dependencia energética muy alta del exterior; casi por completo del petróleo.
- La producción del sistema energético español está basada en centrales de gas y de carbón, siendo las centrales nucleares la potencia base del sistema. La producción de energía en centrales hidroeléctricas es importante, pero depende en gran medida del año hidrológico (seco o lluvioso).
- La energía procedente de fuentes renovables ha aumentado en los últimos años. En el año 2007 se situó en el 7% de la energía total (en términos de energía

primaria). El objetivo propuesto de llegar al 12% en 2010 y al 20% en 2020 implicará arduo trabajo.

145

- La diversificación en la producción de energía ayudará a contar con un sector energético menos dependiente del petróleo y a su vez con menores emisiones de gases de efecto invernadero. En este caso, la producción de energía con biomasa no tiene emisiones netas de CO_2 , puesto que lo emitido había sido previamente fijado por las plantas en sus tejidos por medio de la fotosíntesis.

- La producción de energía con biomasa ha aumentado pero aún se encuentra lejos de los objetivos planteados en el Plan de Energías Renovables (PER) y acuerdos posteriores.

- La tendencia en la utilización de biomasa con fines térmicos es creciente pero su expansión tiene algunas dificultades debido al poco conocimiento, sobre todo en el sector doméstico, y a la no existencia de un mercado de astillas y pellets. La utilización de biomasa con fines eléctricos está creciendo muy lentamente debido al poco rendimiento en las centrales de producción de este combustible, y se encuentra lejos de las previsiones del PER.

- El coste de producción de un kwh según los distintos tipos de energía depende de la escala de producción: tamaño de la planta (potencia), número de horas de funcionamiento al año, costes de operación y mantenimiento, costes relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero y su tratamiento y precios del combustible. Además de estos costes hay que tener en cuenta el coste de oportunidad de la producción y los costes del riesgo.

- Los costes del kwh en la producción de energía utilizando biomasa son algo más altos en comparación con la producción tradicional, por motivos de rendimientos y potencia instalada.

- Las emisiones de gases de efecto invernadero tanto en la producción de energía como en la industria han aumentando (aumento de la demanda energética), y se está muy lejos en relación con el cumplimiento del Protocolo de Kyoto. Con el aumento de la producción de energía con fuentes renovables se darán un paso más para su cumplimiento.

- Existe suficiente biomasa en los montes españoles como se ha cuantificado en este informe para, aumentado la tasa de aprovechamiento hasta el 50% del crecimiento anual, disponer de suficiente materia prima para todo el sector de la madera. Debido a este aumento del ratio de aprovechamiento existiría una mayor cantidad de madera en el sector que cubriría el déficit existente y una cantidad de restos suficientemente importante para que las principales industrias de la madera (tablero, pasta y bioenergía) no presentaran problemas de abastecimiento de materia prima.

Así, existen disposiciones legales, entre las que se encuentran la Ley de Montes; el Plan Forestal Español; el Plan de Fomento de las Energías Renovables; el Real Decreto 661 de 25 de mayo de 2007 de instalaciones de producción de energía en régimen especial; también la futura "Estrategia para el uso energético de la biomasa forestal residual", que pueden apoyar y de hecho apoyan la utilización de la biomasa forestal con fines energéticos. Aún así, el despegue de este tipo de generación de energía se encuentra con algunos problemas que es preciso solucionar; entre los cuales está la disponibilidad de materia prima y los mercados asociados.

La biomasa procede mayoritariamente de la gestión de los bosques españoles y, estos, tienen el potencial suficiente para, siendo manejados de manera sostenible, dotar al sector de la madera de suficiente cantidad de biomasa para todos los usos. Así, la estimación del potencial de biomasa forestal procedente de restos de aprovechamiento existente en nuestro país asciende a 16.796.350 toneladas/año.

Con un mayor aumento en las tasas de aprovechamiento, ordenadamente realizado, con el aumento de planes de ordenación forestal y una selvicultura preventiva de incendios forestales, se llegaría a tener una alta disponibilidad de materia prima para el sector forestal (industrias de aserrío, tableros y biomasa para la producción de energía).

Esto, además, dotaría al sector de una mayor fortaleza, debido al aumento de los mercados de oferta y demanda y generación de empleo en el núcleo rural. Además, los bosques españoles se verían favorecidos debido a la disminución del combustible en relación con el riesgo de incendios forestales y un mejor vigor vegetativo de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ambrosio Y., González V., Tolosana E., Canals G., Duralde M.A., López De Sancho A., Gómez Mampaso V., Martín L., Muñoz I., Martínez J., Montero G., Nestar J.M., Ruiz-Peinado R., Serrada R., Tapia J., Wiesenbergr R. 2008. Los montes y la crisis energética. Coord: DE LA CALLE R. Grupo de trabajo para el Congreso Nacional del Medio Ambiente. CONAMA 9: Cumbre del desarrollo sostenible.
- Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA). 2007. Prospectiva de Generación Eléctrica 2030. Ed. UNESA, Madrid, 208 pp.
- Asociación Nacional de Empresas Forestales (ASEMFO). 2004. Quinto Estudio de Inversión y Empleo en el Sector Forestal. Año 2005 y 2006. Madrid, 68 pp.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros (ANFTA). 2007. El sector de la madera y el cambio climático. Ed. ANFTA (Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros), Madrid, 97 pp.
- Asociación Nacional De Importadores de Maderas (AEIM). 2008. Boletín estadístico 6/2008.
- Bravo Fernández J.A., Roig S., Serrada R. 2008. Selvicultura en montes bajos y medios de *Quercus ilex* L., *Q. Pyrenaica* Willd. y *Q. faginea* Lamk. En: Compendio de Selvicultura Aplicada en España, Serrada R., Montero G., Reque J.A. (Coords.), Ed. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria y Fundación Conde del Valle de Salazar; pp. 657-744.
- Confederación Española de Empresarios de la Madera (CONFEMADERA). 2007. Datos del sector de la madera en España.
- Instituto Para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). 2005. Plan de Energías Renovables 2005-2010. Ed. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 350 pp.

- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2008. Estadísticas sobre medio ambiente. Estadísticas de residuos. Consulta en internet: <http://www.ine.es>
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2008. La energía en España 2007. Secretaría General de Energía, Madrid, 229 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente. 1998. Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1996. España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid, 337 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2008. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España. Años 1996-2006. Comunicación a la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático. Consulta en internet: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4303.php
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008. Anuario de Estadísticas Forestales 2006. Consulta en internet: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/indice_estadisticas_forestales_2006.htm
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008. Los incendios forestales en España. Año 2007. Consulta en internet: http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/defensa_incendios/estadisticas_incendios/pdf/incendiosforestales2007.pdf
- Montero G., Ruiz-Peinado R., Muñoz M., 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 270 pp.

ANEXO.

DEFINICIONES Y CONVERSIÓN DE UNIDADES

Potencia

- Vatio (w). Potencia de una máquina que realiza un trabajo de 1 Julio en 1 segundo.

Producción

- Kilovatio/hora (kwh). Trabajo realizado durante una hora por una máquina con 1 kilovatio de potencia.

Tep

- Tonelada equivalente de energía. Unidad de energía, equivalente a la energía que hay en una tonelada de petróleo.

Conversión de unidades

Conversión de unidades	
1 Mwh	0,086
1 tep	11,628 Mwh

Nombres científicos y nombres comunes de las especies forestales citadas	
Nombre científico	Nombre común
<i>Pinus Sylvestris</i>	Pino silvestre o albar
<i>Pinus nigra</i>	Pino laricio o salgareño
<i>Pinus Pinaster</i>	Pino negral
<i>Pinus pinea</i>	Pino piñonero
<i>Pinus halepensis</i>	Pino carrasco
<i>Pinus radiata</i>	Pino insigne
<i>Pinus canariensis</i>	Pino canario
<i>Castanea sativa</i>	Chopo
<i>Populus sp.</i>	Haya
<i>Fagus sylvatica</i>	Castaño
<i>Quercus ilex</i>	Encina
<i>Quercus petraea</i>	Roble albar
<i>Quercus Pyrenaica</i>	Rebollo, melojo
<i>Quercus robur</i>	Roble común, carvallo
<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto
<i>Juglans regia</i>	Nogal

CAPÍTULO III

ALTERNATIVAS DE GESTIÓN FORESTAL PARA DISTINTOS USOS DE LA MADERA

AUTORES

RICARDO RUIZ-PEINADO GERTRUDIX
CIFOR-INIA

GREGORIO MONTERO GONZÁLEZ
CIFOR-INIA

MIREN DEL RÍO GAZTELURRUTIA
CIFOR-INIA

VICENTE SÁNCHEZ JIMÉNEZ
FECOMA-CC.00.

INTRODUCCIÓN

153

La madera es un material que está íntimamente ligado al hombre, puesto que lo utiliza diariamente ya sea en forma de muebles, suelos, revestimientos, estructuras, etc. Tampoco hemos de olvidar que la madera ha sido utilizada desde hace mucho tiempo como recurso energético para procurarse calor y para la cocina. En la coyuntura económica actual, el alto precio de los combustibles fósiles ha hecho posible que uno de los usos más antiguos de la madera, servir como combustible para generar calor, haya vuelto a primera plana como una alternativa más en la producción de energía renovable.

La producción de energía mediante el uso de biomasa forestal tiene una gran posibilidad de implementación en nuestro país y su empleo puede verse por la vía normativa, y de hecho lo es, mediante políticas de fomento y desarrollo. Así, se han realizado estudios para la estimación de cantidades totales de biomasa potencialmente utilizables compatibles con la gestión forestal sostenible (Montero et al., 2005) y se encuentra en elaboración una Estrategia para el uso energético de la biomasa forestal residual por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Además de disponer de elementos normativos adecuados para su fomento, es necesario que existan planes de gestión forestal para la obtención de biomasa forestal.

Por ello, debería realizarse una planificación de los aprovechamientos para la realización de tratamientos parciales (limpias, clareos, claras) y tratamientos de regeneración de las masas, puesto que la intensidad de éstos y el destino prioritario de los productos principales del aprovechamiento tendrán una importancia fundamental en la disponibilidad de una mayor cantidad de biomasa. Además, estos planes tendrán que tener en cuenta el mantenimiento de la fertilidad de los ecosistemas y la conservación de los recursos naturales.

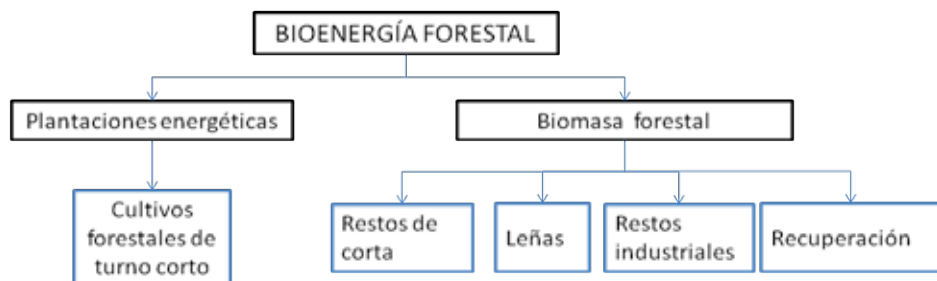
154

Dada la gran diversidad de especies que se encuentran en los montes españoles, así como los múltiples condicionantes ecológicos, en este estudio se plantea el establecimiento de diferentes alternativas de gestión para ciertas especies forestales de nuestro país, características de la gestión forestal, en las cuales el destino de la madera y restos de aprovechamiento sean muy diferentes.



Tipología de Biomasa Forestal

Aunque la mayoría de la biomasa forestal que se puede utilizar para la generación de energía procede directamente de los montes, existen otras fuentes de biomasa que en algunos casos presentan bastante importancia.



Por un lado, la biomasa proveniente de plantaciones energéticas, es decir, de cultivos forestales de turno corto. Por otro la biomasa forestal propiamente dicha, que puede tener varios orígenes:

- I. Restos de corta.** Una de las principales fuentes de biomasa forestal son los restos de corta que se producen en las operaciones selvícolas: ramas y ramillas, residuos de corta (raberones), árboles dañados, etc.
- II. Leñas.** Las leñas procedentes de montes bajos pueden presentar gran importancia tanto para la producción de energía como para la puesta en gestión de un gran número de hectáreas de monte.
- III. Restos industriales.** En este grupo se incluyen los restos industriales (costeros, cortezas, astillas, serrín, etc.) procedentes de las empresas de transformación de la madera: serrerías, industria del mueble,...
- IV. Recuperación.** Aquellos restos que el sector de la recuperación de madera maneja como madera reciclada procedente de la construcción, palets, embalajes, etc.

En este estudio se va a considerar la biomasa forestal de restos de corta y leñas, ya que son los dos orígenes directamente relacionados con la gestión de los montes.

GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS SELVÍCOLAS

La cantidad de biomasa forestal que se puede obtener al realizar una gestión forestal sostenible va a depender de la situación en que se encuentre la masa forestal. Así, si se trata de una masa ordenada, donde se vienen realizando tratamientos culturales de acuerdo a un plan selvícola o de explotación y donde existen producciones económicamente importantes para la obtención de madera, la cantidad de biomasa forestal potencialmente utilizable para bioenergía será pequeña. En cambio, si se trata de una masa donde apenas se han realizado tratamientos intermedios, o montes donde la madera no tiene gran importancia económica ya que existen otros objetivos prioritarios, la cantidad de biomasa forestal en una corta puede ser bastante importante.

Por lo tanto, es fundamental conocer la aptitud productiva de la masa forestal, así como el o los objetivos prioritarios que tenga la misma. Como indicador de la capacidad productiva de un rodal se utilizará la calidad de estación, expresado como altura dominante a una determinada edad. En este trabajo, se plantean diferentes alternativas de gestión forestal que versarán en intensidades selvícolas adaptadas a las calidades de estación características para cada especie seleccionada.

Con respecto a las especies seleccionadas, en primer lugar se plantea la elección de una especie tipo en el cual su principal producto de aprovechamiento sea la madera como materia prima para la industria de fabricación del mueble.

En segundo lugar se escogerá una especie que en función de la calidad de estación que presente su masa, el destino del aprovechamiento será la industria del mueble, la industria del tablero o el aprovechamiento de biomasa en la producción de energía.

En último lugar se plantea la elección de una especie en la que la gestión de sus masas haya tenido como fin principal el aprovechamiento de biomasa forestal en el pasado (montes bajos para leñas) y en la actualidad sea posible recuperar esos usos de forma sostenible para la producción de energía.

Como resultado final, se pretende establecer diferentes opciones de gestión en función de calidades de estación para unas especies tipo de nuestro país, con el fin de estimar las cantidades de producto principal que va a tener cada uso (madera para mueble, restos para biomasa con fines energéticos, material que debe quedar en campo). Con esta información, los gestores podrán disponer de orientaciones selvícolas con las que tomar decisiones objetivas, basadas en experiencias y modelos científicos.

ELECCIÓN DE ESPECIE

Para realizar una estimación de las cantidades de madera y biomasa que es posible obtener bajo unas condiciones de gestión determinadas, objetivo de este estudio, se han seleccionado tres especies forestales típicas de la gestión forstal de nuestros montes.

Los criterios que se han seguido en esta selección, están basados, fundamentalmente, en:

- La importancia de la especie en el sector forestal.
- La extensión superficial de la misma.
- Las posibilidades para la obtención de biomasa forestal.
- La existencia de modelos de crecimiento para la realización de simulaciones.

Siguiendo estos criterios se han elegido dos especies de coníferas del género *Pinus* como son *Pinus Sylvestris* L. (pino silvestre) y *Pinus Pinaster* Ait. (pino negral o resinero) y una especie frondosa del género *Quercus* como es *Quercus Pyrenaica* Willd. (rebollo o melojo).

P. Sylvestris y *P. Pinaster* son dos especies de gran importancia en el sector forestal español, tanto por su extensión superficial como porque en sus masas se practica normalmente una selvicultura bastante reglada.

Q. Pyrenaica es una especie de relativa extensión superficial en nuestro país. La justificación para la elección de esta especie reside en la “vocación” de sus masas de monte bajo para la producción de biomasa. Las masas de rebollo tuvieron en el pasado gran importancia como productoras de leñas y carbón vegetal, sobre todo en la sociedad rural, hasta la generalización del uso de combustibles fósiles.

La creación de un mercado de la biomasa puede ser una oportunidad para la puesta en gestión de aquellas masas que presentan menores crecimientos y son, por tanto, menos interesantes para la obtención de materia prima para la industria de la madera. Muchas de estas masas no están sometidas a gestión

forestal sostenible debido al escaso valor de sus productos. Así, la inclusión de la obtención de biomasa forestal como subproducto, e incluso en algunas ocasiones como producto principal del aprovechamiento podría poner en valor estas masas forestales y sus productos.

159

Pino silvestre (*Pinus Sylvestris* L.)

El pino silvestre es una de las especies con mayor importancia forestal en España, tanto por su extensión superficial de cerca de 1.280.000 hectáreas, como por las múltiples funciones que cumplen sus masas (producción de madera, aprovechamiento micológico, cinegético, uso recreativo, protección de la vida silvestre, protección contra la erosión, etc.).

Las existencias de madera con corteza, según el Segundo Inventario Forestal Nacional (Ministerio de Medio Ambiente), se sitúan en 91.288.294 metros cúbicos con corteza (m^3cc), alcanzando un crecimiento corriente anual de $3.691.828 \text{ m}^3/\text{año}$. Los aprovechamientos se sitúan en torno a los 700.000 m^3 de madera al año, lo que indica que se está produciendo un aumento de las existencias.

La madera es de alta calidad, presentando buenas aptitudes para la obtención de chapas por desenrollado y mediante corte a la plana. Las principales aplicaciones de esta madera son chaspas para recubrimientos decorativos, carpintería interior: puertas, escaleras, suelos, tarima, molduras, revestimientos, frisos, ...; carpintería exterior; mobiliario y ebanistería; carpintería de armar; madera laminada encolada, tableros contrachapados: estructurales, decorativos; postes, cercas (Guindeo et al., 1997).

Distribución de *Pinus Sylvestris* en España



Fuente: Serrada et al., 2008

Pino negral (*Pinus Pinaster Ait.*)

El pino negral es la segunda especie arbórea en extensión superficial en España, donde ocupa más de 1.600.000 hectáreas, más de un millón formando masas monoespecíficas y el resto en mezcla con otras especies.

Las existencias de madera con corteza, según el Segundo Inventario Forestal Nacional, se sitúan en 58.369.382 metros cúbicos con corteza, alcanzando un crecimiento corriente anual de 2.548.719 m³/año.

Los pinares de pino negral han sido muy importantes, desde el punto de vista de la producción tanto de madera como de resina. En la actualidad, la reducción de la actividad resinera y la menor importancia de la madera han hecho que existan acumulaciones de combustible en muchos pinares, con el aumento del peligro de incendio forestal (Rodríguez-Soalleiro et al., 2008).

La delimitación de dos subespecies de *Pinus Pinaster* en España (subsp. atlántica y subsp. *mesogeensis*), al menos desde un punto de vista selvícola, para este taxón es muy importante, puesto que la silvicultura que se aplica en ellas es muy diferente. Así, las simulaciones realizadas en este estudio se han aplicado masas de *Pinus Pinaster* subsp. *mesogeensis* (pino negral o rodeno).

La madera de pino negral presenta un aserrado fácil, aunque la presencia de resina puede dificultarlo. Presenta buenas aptitudes para la obtención de chapa por desenrollado y entre sus principales aplicaciones están los tableros alistonados; tableros contrachapados (uso estructural); carpintería interior: revestimientos, frisos, precercos; paletas; embalajes; encofrados; pasta de papel; tableros de partículas y fibras (Guindeo et al., 1997).

Distribución de *Pinus Pinaster* en España



Fuente: Serrada et al., 2008

Rebollo (*Quercus Pyrenaica* Willd.)

El rebollo o melojo es una de las frondosas mediterráneas de montaña más importantes. En España se extiende por unas 660.000 hectareas (Carvalho et al., 2005), estimándose que aproximadamente el 65% de sus masas son de monte bajo (Bravo Fernández et al., 2008).

Las existencias de madera con corteza, según el Segundo Inventario Forestal Nacional, se sitúan en 23.462.617 metros cúbicos con corteza, alcanzando un crecimiento corriente anual de 4.775.522 m³/año. No existe una estadística oficial de aprovechamientos de madera de esta especie. Tampoco están contabilizadas las extracciones de leñas (ya sea en toneladas o estéreos) que en este caso tendrán una importancia relativa.

Su madera es de mediana calidad, utilizándose para traviesas de ferrocarril y apeas. Actualmente se está potenciando la utilización de madera de rebollo para la construcción de barricas para enología.

Sus masas han sido aprovechadas hasta hace pocos años para leñas y carbón vegetal mediante el método de beneficio de monte bajo. Estos aprovechamientos actualmente son poco importantes, por lo que existen muchas masas en las que se ha abandonado la gestión y que presentan signos de estancamiento en el crecimiento y acumulación de biomasa, con el consiguiente peligro de incendio forestal.

Esta acumulación de biomasa y los turnos bajos de rotación de las cortas para la extracción de leñas presentan a las masas de monte bajo de esta especie como ideales para su gestión y obtención de biomasa para ser utilizada como biocombustible.

Distribución de *Quercus Pyrenaica* en España

163



Fuente: Serrada et al., 2008

METODOLOGÍA

Dentro de la gestión forestal, los tratamientos selvícolas son la actividad fundamental para garantizar la persistencia de la masa, el buen vigor vegetativo y estado sanitario, ya que regulan la densidad, eliminan los pies enfermos o muertos y aumentan el valor de los productos finales, además de generar unas rentas intermedias (Río et al., 2006).

Si se utilizan datos procedentes de inventarios forestales, que permiten describir la situación en ese momento de la masa y de la calidad de estación donde se sitúa la masa forestal y se cuenta con información de intervenciones realizadas o a realizar, como pueden ser datos procedentes de claras (tipo, peso, rotación), es posible generar alternativas de gestión adecuadas a la aptitud preferente que tenga esa masa concreta: producción de madera, protección de suelo, preservación de la biodiversidad, fijación de CO_2 , ocio y recreo, etc. Estas alternativas de gestión selvícola estarán fundamentadas en experiencias realizadas, basadas en el conocimiento científico-técnico y en la gestión que se realiza en las masas forestales españolas.

En la simulación del crecimiento de la masa se utilizarán modelos de crecimiento desarrollados en Centros de Investigación Forestal para las especies consideradas. Estos modelos de crecimientos están siendo utilizados en la actualidad por científicos y gestores (técnicos) para el conocimiento y la gestión de las masas forestales en España.

La evaluación de la potencialidad de la masa se realizará tanto en volumen de madera extraído, diferenciado según posibles destinos de la madera, como en peso de materia seca.

Datos

En el establecimiento de las alternativas selvícolas de este trabajo se ha utilizado la información procedente de la red de sitios de ensayo de gestión forestal sostenible del CIFOR-INIA. Esta Red cuenta con una serie de parcelas permanentes en

especies como *Pinus Sylvestris*, *P. Pinaster*, *P. nigra*, *Quercus Pyrenaica*,... (Montero et al., 2004) en las cuales se vienen estableciendo distintos programas de claras. El seguimiento de estas parcelas permite obtener datos experimentales con un alto rigor científico, que permiten definir un programa óptimo de claras para cada especie y calidad de estación considerado.

También se han utilizado datos del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) de las provincias de Segovia y Soria en las simulaciones de *Quercus Pyrenaica* Willd. En las parcelas consideradas, la edad de la masa era conocida puesto que fueron muestreadas en campo y se realizaron análisis de tronco para estudios ecológico-selvícolas (Sánchez Palomares et al., 2006).

Los datos reales de campo para el árbol individual de estas parcelas se utilizarán como punto de partida y son los que permitirán obtener el dato futuro, utilizando para ello los modelos de crecimiento correspondientes a la especie. Estos datos de partida implementados en los modelos permitirán realizar simulaciones sobre la gestión y sus implicaciones en la obtención de madera y biomasa forestal. Así, será posible obtener orientaciones selvícolas que han de entenderse como recomendaciones a seguir en la gestión de las masas.

La gestión selvícola que se ha simulado en las alternativas planteadas está basada en el tipo de silvicultura que se emplea en las parcelas experimentales y en la realidad de aplicación para este tipo de masas.

Modelos de crecimiento utilizados en la obtención de alternativas de gestión

Un modelo es una abstracción o representación simplificada de la realidad, y en el caso de un modelo forestal de crecimiento y producción es, habitualmente, un modelo matemático, formado por una serie de ecuaciones, cuyo objetivo principal es la proyección en el tiempo de la masa, pudiéndose incorporar las intervenciones intermedias que se efectúen sobre ella (Cañadas et al., 2002).

Siguiendo a este autor, se puede realizar una clasificación de los modelos de crecimiento según la unidad básica de modelización, para obtener:

- Modelos de rodal completo. En ellos se considera la masa como unidad primaria de modelización, estimándose su evolución a partir de características medias o dominantes de masa.

- Modelos de árbol individual. La unidad de modelización es cada árbol integrante del rodal, considerando su crecimiento individual y obteniendo después mediante agregación, la estimación de la evolución del rodal completo.

Para establecer y simular las diferentes opciones de gestión forestal para los objetivos antes indicados se van utilizar modelos de crecimiento de árbol individual. Este tipo de modelos permite una estimación más precisa de los posibles productos a obtener ya que se conocen las dimensiones de cada árbol. Además, con la utilización de estos modelos, al trabajar a escala árbol, se puede realizar la predicción del crecimiento en masas mixtas o en masas donde existan diferentes clases sociales, sin perder por ello el comportamiento global del rodal.

Así, se ha realizado una recopilación de modelos existentes en la bibliografía para las especies forestales escogidas. Las ecuaciones de crecimiento seleccionadas han sido realizadas en centros de investigación forestal en nuestro país, y para su construcción se utilizaron un gran volumen de datos, por lo que sus estimaciones son de elevada precisión. Estos modelos están siendo utilizados para las especies referenciadas tanto en la investigación como en la gestión de sus masas, con lo que han mostrado su aplicación práctica.

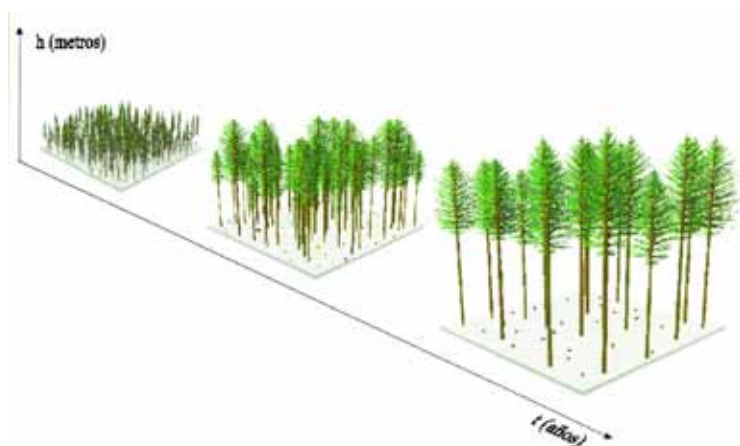
Estos modelos cuentan con una serie de ecuaciones de crecimiento claves, que son las que proyectan el crecimiento de los árboles, y otra serie de ecuaciones complementarias que permiten estimar el resto de variables necesarias. Las ecuaciones de crecimiento son las siguientes:

- Modelo de incremento en diámetro. Esta ecuación es la más importante en un modelo de árbol individual, ya que es la que estima el tamaño futuro del árbol.
- Modelo de crecimiento en altura o una relación altura-diámetro. La altura de cada árbol en el futuro se estima bien por una ecuación de crecimiento en altura a partir de la altura actual, o bien mediante una relación altura-diámetro a partir de los diámetros proyectados. Normalmente, en las relaciones altura-diámetro aparece la altura dominante de la masa como variable independiente y por ello es necesaria la existencia de un modelo de índice de sitio.
- Modelo de índice de sitio o modelo de calidad de estación. Estos son básicos para la gestión puesto que permiten la clasificación de las estaciones forestales en función de su productividad.

Dado que el crecimiento de un árbol depende de factores internos del mismo como el genotipo, el fenotipo o la edad y también de factores externos como la calidad de estación y la competencia a la que esté sometido, en las ecuaciones de crecimiento tienen que aparecer variables que nos reflejen esos factores.

167

A continuación se formulan las ecuaciones de crecimiento que se van a utilizar en este trabajo según la especie para la que han sido desarrolladas. En ellos, es necesario introducir una serie de variables iniciales que nos indican la situación de partida de la masa, que permitirán conocer su evolución futura.



Ecuaciones de crecimiento para *Pinus Sylvestris* L.

- **Calidad de estación. Índice de sitio (SI) (Rojo y Montero, 1996)**

Índice de sitio para una edad típica (t) de 100 años.

$$SI = \frac{Ho \cdot 0,8534446}{(1 - e^{-0,27 \cdot t})^{1/0,439}}$$

SI calidad de estación; Ho altura dominante (m); t edad típica (años).

- **Relación altura-diámetro generalizada (Lizarralde, 2008)**

$$Ht = 13 + (27,0392 + 1,4853 \cdot Ho - 0,1437 \cdot dg) \cdot e^{\left(\frac{-8,0048}{\sqrt{DBH}}\right)}$$

Ht altura total (dm); Ho altura dominante (dm); dg diámetro medio cuadrático (mm); DBH diámetro normal (mm).

- **Crecimiento en diámetro en los últimos cinco años (Lizarralde, 2008)**

$$DBHG5 = \exp \left\{ (-0,3711 + 0,2525 \cdot \ln(DBH) + 0,7090 \cdot \ln((CR + 0,2)/1,2) + 0,9087 \cdot \ln(SI) - 0,1545 \cdot \sqrt{SBA} - 0,0004 \cdot (\sum BAL)^{1/2} / (\ln(DBH))) \right\}$$

DBHG5 crecimiento dimetral en los últimos cinco años (mm); DBH diámetro normal (mm); CR razón de copa entendida como el cociente entre la longitud de copa y la altura total del árbol; SI índice de sitio (m); SBA área basimétrica de la parcela (m²/ha); BAL sumatorio de las áreas basimétricas de los árboles con mayor DBH que el árbol sujeto (m²/ha).

- **Crecimiento en altura (Lizarralde, 2008)**

$$\ln(HTG5) = 3,1222 - 0,4939 \cdot \ln(DBH) + 1,3763 \cdot \ln(SI) - 0,0061 \cdot BAL + 0,1876 \cdot \ln(CR)$$

HTG5 crecimiento en altura en los últimos cinco años (cm); DBH diámetro normal (mm); SI índice de sitio (m); BAL sumatorio de las áreas basimétricas de los árboles con mayor DBH que el árbol sujeto (m²/ha); CR razón de copa.

- **Altura a la base de la copa (Lizarralde, 2008)**

$$HCB = \frac{HLCW}{1 + \exp \left[1.2425 \cdot \left(\frac{SBA}{HT} \right) + 0.0047 \cdot SBA - 0.5725 \cdot \ln(SBA) - 0.0082 \cdot BAL \right]}$$

HCB altura a la base de la copa (dm); SBA área basimétrica de la parcela (m²/ha); HT altura total (dm); BAL sumatorio de las áreas basimétricas de los árboles con mayor DBH que el árbol sujeto (m²/ha).

- **Altura a la máxima anchura de copa (Lizarralde, 2008)**

$$HLCW = \frac{HT}{1 + \exp \left[-0.0012 \cdot HT - 0.0102 \cdot BAL - 0.0168 \cdot SBA \right]}$$

HLCW altura a la máxima anchura de la copa (dm); HT altura total (dm); BAL sumatorio de las áreas basimétricas de los árboles con mayor DBH que el árbol sujeto (m²/ha); SBA área basimétrica de la parcela (m²/ha).

- **Biomasa de las distintas fracciones (Ruiz-Peinado et al., 2009)**

- Biomasa del fuste

$$Bf = 0,01543 \cdot DBH^2 \cdot HT$$

Bf biomasa del fuste en kg; DBH diámetro normal en cm; HT altura total en m.

- Biomasa de ramas con diámetro mayor de 7 cm

$$BR_7 = \left[183,1522 + 0,008091 \cdot DBH^2 \cdot HT - 0,52328 \cdot DBH \cdot HT \right] \cdot Z$$

BR7 biomasa de ramas con diámetro mayor de 7 cm en kg; DBH diámetro normal en cm; HT altura total en m; Z parámetro de la ecuación tal que si DBH ≥ 40 cm, Z=1 y si DBH < 40 cm, Z=0.

- Biomasa de ramas con diámetro comprendido entre 2 y 7 cm.

$$BR_{27} = 0,029576 \cdot DBH^2 \cdot HT - 0,86862 \cdot HT$$

BR27 biomasa de ramas con diámetro entre 2 y 7 cm en kg; DBH diámetro normal en cm; HT altura total en m.

170

- Biomasa de ramas con diámetro menor de 2 cm y acículas

$$BR_2 = 0,534611 \cdot DBH^2,194967 (0,0940) \cdot HT^{-1,15155}$$

BR2 biomasa de ramas con diámetro menor de 2 cm, más las acículas, expresado en kg; DBH diámetro normal en cm; HT altura total en m.

- Biomasa total aérea

$$Bt = Bf + \sum BR_i$$

Bf biomasa del fuste en kg; BRi biomasa de ramas de distinto tamaño en kg.

- Biomasa radical

$$Brad = 0,1338 \cdot DBH^2$$

Brad biomasa del sistema radical en kg; DBH diámetro normal en cm.

Ecuaciones de crecimiento para Pinus Pinaster Ait.

- **Calidad de estación. Índice de sitio (SI). (Bravo-Oviedo et al., 2004)**

$$H_2 = e^{\left[4,016 + (\ln(H_1) - 4,016) \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{-0,5021}\right]}$$

H2 índice de sitio (m) para una edad de referencia (T2) de 80 años.

H1 altura dominante (m) a la edad T1 (años).

- **Relación altura-diámetro generalizada (Lizarralde, 2008)**

$$Ht = 13 + (32,3287 + 1,6688 \cdot Ho - 0,1279 \cdot dg) \cdot e^{\left(\frac{-11,4522}{\sqrt{DBH}}\right)}$$

Ht altura total (dm); Ho altura dominante (dm); dg diámetro medio cuadrático (mm); DBH diámetro normal (mm).

- **Crecimiento en diámetro en los últimos cinco años (Lizarralde, 2008)**

171

$$DBHG5 = \left[\exp \left((0.2030 \cdot \ln(DBH) + 0.4414 \cdot \ln((CR + 0.2)/1.2) + 0.8379 \cdot \ln(SI) - 0.1295 \cdot \sqrt{SBA} - 0.0007 \cdot ([BAL]^{1/2}/(\ln(DBH)))) \right) \right]$$

DBHG5 crecimiento diametral en los últimos cinco años (mm); DBH diámetro normal (mm); CR razón de copa entendida como el cociente entre la longitud de copa y la altura total del árbol; SI índice de sitio (m); SBA área basimétrica de la parcela (m²/ha); BAL sumatorio de las áreas basimétricas de los árboles con mayor DBH que el árbol sujeto (m²/ha).

- **Crecimiento en altura (Lizarralde, 2008)**

$$\ln(HTG5) = 4.1375 + 0.3762 \cdot \ln(DBHG5) - 0.5260 \cdot \ln(DBH) + 0.1727 \cdot \ln(HT) + 2.6468 \cdot CR$$

HTG5 crecimiento en altura en los últimos cinco años (cm); DBHG5 crecimiento diametral en los últimos 5 años (mm); DBH diámetro normal (mm); HT altura total (m); CR razón de copa

- **Altura a la base de la copa (Lizarralde, 2008)**

$$HCB = \frac{HLCW}{1 + \exp[0.0078 \cdot SBA - 0.5488 \cdot \ln(SBA) - 0.0085 \cdot BAL]}$$

HCB altura a la base de la copa (dm); SBA área basimétrica de la parcela (m²/ha); BAL sumatorio de las áreas basimétricas de los árboles con mayor DBH que el árbol sujeto (m²/ha).

- **Altura a la máxima anchura de copa (Lizarralde, 2008)**

$$HLCW = \frac{HT}{1 + \exp[-0.0041 \cdot HT - 0.0093 \cdot BAL - 0.0123 \cdot SBA]}$$

HLCW altura a la máxima anchura de la copa (dm); HT altura total (dm); BAL sumatorio de las áreas basimétricas de los árboles con mayor DBH que el árbol sujeto (m²/ha); SBA área basimétrica de la parcela (m²/ha).

- **Biomasa de las distintas fracciones del árbol (Ruiz-Peinado et al., no publicado)**

- Biomasa del fuste

$$Bf = 0,027769 \cdot DBH^2,115258 \cdot HT^{0,618376}$$

Bf biomasa del fuste en kg; DBH diámetro normal en cm; HT altura total en m.

- Biomasa de ramas con diámetro mayor de 2 cm

$$BR_{>2} = 0,000381 \cdot DBH^3,140889$$

BR>2 biomasa de ramas con diámetro mayor de 2 cm en kg; DBH diámetro normal en cm.

- Biomasa de ramas con diámetro menor de 2 cm y acículas

$$BR_{<2} = 0,012914 \cdot DBH^2,319916$$

BR<2 biomasa de ramas con diámetro menor de 2 más las acículas en kg; DBH diámetro normal en cm.

- Biomasa total aérea

$$Bt = Bf + \sum BR_i$$

Bf biomasa del fuste en kg; BRi biomasa de ramas de distinto tamaño en kg.

- Biomasa radical

$$Brad = 0,00444 \cdot DBH^2,8036$$

Brad biomasa del sistema radical en kg; DBH diámetro normal en cm.

Ecuaciones de crecimiento para *Quercus Pyrenaica* wild.

- Calidad de estación. Índice de sitio (SI). (Adame et al., 2006)

$$H_2 = e^X \cdot t_2^{(15,172-4,2126 \cdot X)}$$

$$X = -\frac{-\ln H_1 + 15,172 \cdot \ln t_1}{1 - 4,2126 \cdot \ln t_1}$$

$$t_i = 1 - e^{(-0,1439 \cdot T_i^{0,6711})}$$

H2 índice de sitio para una edad de referencia (T2) de 60 años.

H1 altura dominante (m) a la edad T1 (años).

- Crecimiento en diámetro en los últimos cinco años

$$\ln((DBH_i - DBH_1) + 1) = 0,8351 + 0,1273 \cdot \ln(DBH_1) - 0,00006 \cdot DBH_1^2 - 0,01216 \cdot BAL - 0,00016 \cdot N - 0,03386 \cdot H_0 + 0,04917 \cdot SI - 0,1991 \cdot STR_k$$

DBH diámetro normal (cm); N densidad de masa (pies/ha); Ho altura dominante (m); SI índice de sitio (m) a los 60 años; BAL suma del área basimétrica de los árboles de mayor diámetro que el árbol considerado (m²/ha); STR estrato biogeoclimático (0 si no pertenece al de referencia, 1 si pertenece al estrato considerado).

- Relación altura/diámetro

$$Ht = 1,3 + \left[(4,0285 - 0,1651 \cdot D_g + 1,1998 \cdot H_0) \cdot \exp\left(\frac{(-8,7446)}{DBH}\right) \right]$$

Ht altura total del árbol (m); Dg diámetro medio cuadrático (cm); Ho altura dominante (m); DBH diámetro normal (cm).

- **Biomasa de las distintas fracciones (Montero et al., 2005)**

- Biomasa del fuste y ramas mayores de 7 cm

$$B_{f+r7} = 0,017529 \cdot DBH^2,95974$$

Bf+r7 biomasa del fuste y ramas mayores de 7 cm en kg; DBH diámetro normal en cm.

- Biomasa de ramas con diámetro comprendido entre 2 y 7 cm

$$BR_{27} = 0,15697 \cdot DBH^{1,77301}$$

BR27 biomasa de ramas con diámetro entre 2 y 7 cm en kg; DBH diámetro normal en cm.

- Biomasa de ramas con diámetro menor de 2 cm

$$BR_2 = 0,0091600 \cdot DBH^2,38766$$

BR2 biomasa de ramas con diámetro menor de 2 en kg; DBH diámetro normal en cm.

- Biomasa total aérea

$$B_t = 0,076814 \cdot DBH^2,53453$$

Bt biomasa total aérea en kg; DBH diámetro normal en cm.

- Biomasa radical

$$Brad = 0,088479 \cdot DBH^2,13346$$

Brad biomasa del sistema radical en kg; DBH diámetro normal en cm.

Evaluación de la potencialidad de la masa

175

La evaluación de la potencialidad de la masa para su aprovechamiento se realizará tanto en volumen de madera comercial (m^3) como en peso de materia seca de biomasa (toneladas).

Para la estimación del volumen y los distintos productos de la madera se ha utilizado la herramienta CUBIFOR (Rodríguez et al., 2008) para el programa EXCEL de Microsoft Office. Esta herramienta calcula los diferentes volúmenes por hectárea según los destinos que puede tener la madera, en función de los tamaños de los árboles individuales (diámetros y alturas) extraídos en la clara. Para la clasificación de los destinos de la madera se ha seguido la realizada por CESEFOR (2008):

- Chapa: mínimo de 40 cm en punta delgada, trozas de 3 metros muy rectas. No debe tener indicios de nudos. Muy baja curvatura, elipticidad y conicidad.
- Sierra gruesa: mínimo de 40 cm en punta delgada. Trozas rectas de 2 m o más. Baja curvatura, elipticidad y conicidad. Poca nudosidad y preferiblemente de nudos vivos.
- Sierra: trozas con diámetro en punta delgada superior a 15 cm, pero lo habitual son diámetros en punta de 25 cm hasta diámetros en punta gruesa de 40 cm. Longitud de al menos 2 m, se acepta algo de curvatura. Es preferible que haya pocos nudos y que sean vivos, aunque se aceptan nudos muertos.
- Canter: de 15 cm hasta 25 cm en punta delgada y 28-30 cm en punta gruesa. Longitud mínima de 2 m, se acepta algo de curvatura. Preferiblemente nudos de tamaño pequeño vivos o muertos.
- Postes: de entre 10 y 14 cm en punta delgada dependiendo de la longitud del poste, la cual oscila entre 6,25 y 14 m de longitud. Es esencial la calidad, con escasa conicidad (entre 1 y 1,5 cm/m en diámetro), muy recto, muy baja curvatura, baja elipticidad y preferiblemente con poca nudosidad y fibra recta.
- Apeas: de 6 cm en punta delgada (unos 9 cm en punta gruesa) hasta unos 16 cm en punta gruesa (unos 13 ó 14 cm en punta delgada). Longitud mínima de 1,8 m con poca curvatura, elipticidad y conicidad. Se aceptan muy pocos nudos y pequeños.

- Trituración: de 5 a 15 cm en punta delgada. Requiere madera sana, no excesivamente resinosa, que se pueda descortezar y no sea aprovechada como otro producto de mayor valor.

Este volumen con destino trituración puede ser aprovechado en su totalidad como materia prima para trituración o parcialmente como biomasa forestal para la producción de energía.

En la determinación del peso de materia seca de biomasa se han utilizado los modelos de estimación de Montero et al. (2005) y Ruiz-Peinado et al. (2009), obteniéndose las cantidades de biomasa existente para las siguientes grandes fracciones:

- Fuste: Biomasa del fuste maderable (hasta 7,5 cm en punta delgada). Si, posteriormente, se utiliza la herramienta CUBIFOR en la determinación de la biomasa se obtienen los porcentajes de fuste que se dedican a:
 - biomasa de la producción de madera, que cuantifica el peso del volumen que será destinado a la industria de la madera;
 - biomasa de los productos destinados a trituración. Cuantifica esta fracción, cuyo destino podría ser, también, la producción de energía.
- Ramas mayores de 7 cm de diámetro. Ramas de tamaño grueso
- Ramas de diámetro comprendido entre 2 y 7 cm.
- Ramillas de diámetro inferior a 2 cm más acículas u hojas.
- Biomasa radical.

Para algunas especies los modelos de estimación de biomasa se han realizado agrupando algunas fracciones de copa por motivos del ajuste matemático de los modelos.

Esta doble cuantificación, en volumen y en peso de biomasa, se ha realizado con el fin de tener información suficiente en la delimitación de objetivos a la hora de planificar los aprovechamientos (productos a extraer, sistemas de aprovechamiento,...). Así, será posible diferenciar qué cantidades de volumen/ biomasa pueden destinarse para la industria de la madera (fustes) identificando,

en función de sus características tecnológicas, los posibles usos posteriores: sierra, chapa, canter, apeas,.... También se cuantificará qué cantidad de volumen/ biomasa puede ir a trituración, que también será susceptible de utilizarse para la producción de energía. Finalmente, se estimará las cantidades de biomasa que podrían ser aprovechadas para bioenergía (fracciones de biomasa que incluyen ramas de diámetro mayor de 7 cm y ramillas de diámetro entre 7 y 2 cm), así como la cantidad de biomasa que podría quedar en el monte para garantizar el mantenimiento de la fertilidad y mantener la protección del suelo frente a la erosión, (ramillos de diámetro menor de 2 cm y acículas u hojas, además de la biomasa radical).

RESULTADOS. SIMULACIONES PARA *PINUS SYLVESTRIS*

Índice de sitio 29

Se ha desarrollado una alternativa para pino silvestre en calidad de estación alta, expresado con un Índice de Sitio igual a 29 (29 metros de altura a los 100 años), según el modelo propuesto por Rojo y Montero (1996). Con éste índice de sitio, se puede afirmar que estas masas tendrán una vocación preferente de producción de madera de calidad, sin menospreciar todas las otras funciones inherentes a la existencia de la masa.

Así, para la simulación planteada en masas de esta vocación se plantearán cuatro claras.

El tipo de claras será por lo bajo o mixtas, extrayendo los árboles dominados e intermedios y aquellos codominantes que presenten malos portes o estén



Fig. 1. Masa de *Pinus Sylvestris* de índice de sitio 29.

dañados, o puedan interferir en el correcto desarrollo de aquellos pies bien formados. También, si se utilizaran procesadoras en la realización de las claras, podrían ser sistemáticas mixtas con la apertura de fajas para facilitar los trabajos posteriores.

El peso de las claras cuantifica la masa extraída, expresada en valor relativo de un parámetro, generalmente el área basimétrica. En este caso las claras se definen como fuertes, con el objetivo final de conseguir madera de calidad y dimensiones suficientes para la industria. Así, presentan una relación del área basimétrica extraída respecto del área basimétrica antes de la clara que varía entre el 18% de la primera clara, el 17% de la segunda, el 27% en la tercera y el 24% en la cuarta clara. En la tabla 1 se muestran los resultados de la propuesta selvícola para antes y después de la clara.

Respecto a la edad de realización de la primera clara, en masas de calidad de estación alta se realizará entre los 20 y 30 años, estando más cerca de los 20 años cuando la densidad inicial sea baja y ésta sea la primera intervención. La siguiente clara, en masas de calidad alta debe hacerse a los 10 años. Esta rotación se justifica en la dinámica más rápida que presentan las masas situadas en calidad de estación buena y a la mayor respuesta de estas masas jóvenes a las claras que las masas adultas. Esta rotación podemos aumentarla hasta los 15 años, cuando las claras se realicen pasada la edad de 50 años. Así, para nuestra propuesta realizaremos cuatro claras a los 22, 32, 42 y 57 años.

El número de claras ideal sería de 4 claras fuertes, siempre que el objetivo prioritario sea el de producción de madera y no haya condicionantes de riesgo de erosión alto.

En la definición del turno en masas de calidad alta, además de haber considerado el criterio de máxima renta en especie como uno de los prioritarios, es necesario tener en cuenta las condiciones particulares de cada masa. Así, hay que conocer la importancia y la demanda de aquellos otros usos secundarios (ocio y recreo, protección de la biodiversidad, erosión, fijación de CO_2 ,...) ya que, en algunos casos, puede ser necesario alargar el turno algunos años más de los que nos sugiere el criterio productivo. Si la estación es muy productiva, también puede interesar aumentar el turno hasta 100-120 años para conseguir mayor cantidad de madera de chapa en la corta final.

180

Tabla 1. Evolución de la masa de *Pinus Sylvestris* L. con índice de sitio 29, en la que se han realizado tres claras

Edad	Ho	Masa principal antes de la clara						N ext	Dg ext
		N ac	Dg	AB	H	Vcc	Biom. tot ac		
17	5,7	1660	10,88	15,42	5,6	45,4	47,1	-	-
22	8,1	1660	13,12	22,43	7,2	81,6	67,8	420	11,14
32	11,3	1230	19,24	35,77	10,4	180,0	117,6	280	16,43
42	14,3	950	24,25	43,88	13,9	286,5	163,8	290	22,62
57	19,8	660	29,75	45,89	18,7	393,5	205,8	210	26,00
102	29,8	430	42,22	60,20	28,9	766,4	384,4		

Edad en años; Ho: Altura dominante en m; N: Número de pies; Dg: Diámetro cuadrático medio en cm; AB: Área basimétrica en m²; H: Altura media en m; Vcc: Volumen comercial en m³/ha; Biom. tot ac: Biomasa total en m³/ha. Los datos están expresados para la hectárea.

Tabla 2. Volúmenes de madera extraídos para *Pinus Sylvestris* L. con índice de sitio 29 en las diferentes intervenciones

Intervención	N ext	V fuste	V trituración	V apea
1ª Clara	420	14,33	10,53	3,18
2ª Clara	280	28,53	21,03	3,69
3ª Clara	290	73,25	37,74	0,23
4ª Clara	210	91,44	33,35	0,00
Corta final	430	787,64	15,13	0,00

N ext: Número de árboles extraídos; V: Volumen en m³/ha

s moderada-débiles.										
Masa extraída				Masa principal después de la clara						
AB ext	H ext	Vcc ext	Biom. tot ext	N dc	Dg dc	AB dc	H dc	Vcc dc	Biom. tot dc	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,09	6,7	14,4	12,2	1240	13,72	18,33	7,3	67,2	55,6	
5,94	10,0	29,1	19,0	940	20,00	29,83	10,6	152,3	98,9	
11,65	13,7	75,1	42,9	660	24,93	32,22	14,0	211,5	120,9	
11,15	18,2	93,1	48,5	450	31,35	34,74	19,0	300,3	157,3	
tura media de la masa en m; Vcc:Volumen con corteza en m3; Biom. tot: Biomasa total aérea de la masa en toneladas.Todos los datos										

enciones clasificadas según su destino.				
V poste	V canter	V sierra	V sierra Gruesa	V chapa hasta 3m
0,21	0,41	0	0	0
1,08	2,73	0	0	0
6,96	28,32	0	0	0
8,33	49,75	0	0	0
0,00	0,00	649,88	91,70	30,92

En el caso de estudio el turno se ha establecido en 100 años, ya que la productividad es alta y no se han considerado otras restricciones que hicieran pensar en un turno más largo.

La propuesta selvícola, donde se cuantifican las intervenciones realizadas se muestra en la tabla 1. Las cantidades de madera extraídas según el destino de la madera se exponen en la tabla 2.

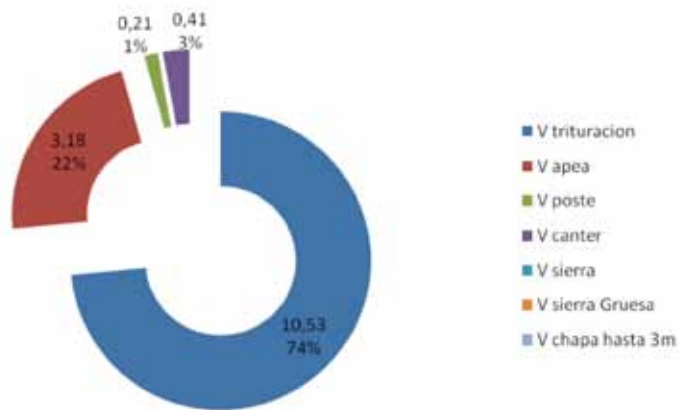
Se observa en la tabla 2 que al realizarse las intervenciones a edades jóvenes y ser una clara baja-mixta, no se extrae madera de calidad con destino sierra o chapa.

En los gráficos de la figura 2 se muestra, de forma visual, la distribución del volumen total de madera según los diferentes destinos, para cada intervención realizada (claras y corta final).

En esta simulación en una masa de alta calidad de estación, la primera clara extrae una pequeña cantidad de madera ($14,33 \text{ m}^3/\text{ha}$) y destinándose a trituración/biomasa el 74%, quedando un 22% para apeas y un 1 y 3% para postes y canter respectivamente. En la segunda clara se obtiene una cantidad mayor de volumen de madera ($28,52 \text{ m}^3/\text{ha}$), manteniéndose el porcentaje de trituración/biomasa (74%), disminuyendo la cantidad que se destinaría a apeas (13%) y aumentando la que podría utilizarse para postes (4%) y canter (9%). En la tercera clara se reparte el volumen de madera extraído ($73,25 \text{ m}^3/\text{ha}$) casi a partes iguales entre producción y trituración (48%-52% respectivamente), utilizándose un 39% para canter y un 9% para postes. Ya en la cuarta y última clara, el volumen extraído asciende a $91,44 \text{ m}^3/\text{ha}$ y las cantidades destinadas a producción son mayores (63% del total extraído, con un 54% para canter y 9% para postes), destinándose el resto del volumen de madera a trituración/biomasa. En la corta final, el volumen de corta es de $787,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ del cual se pueden obtener unos productos de calidad que serán aprovechados para chapa (4%), sierra gruesa (12%) y fundamentalmente para la industria de sierra (82%), quedando una mínima parte para trituración/biomasa (2%).

1ª clara. Productos de Madera (m³/ha)

183

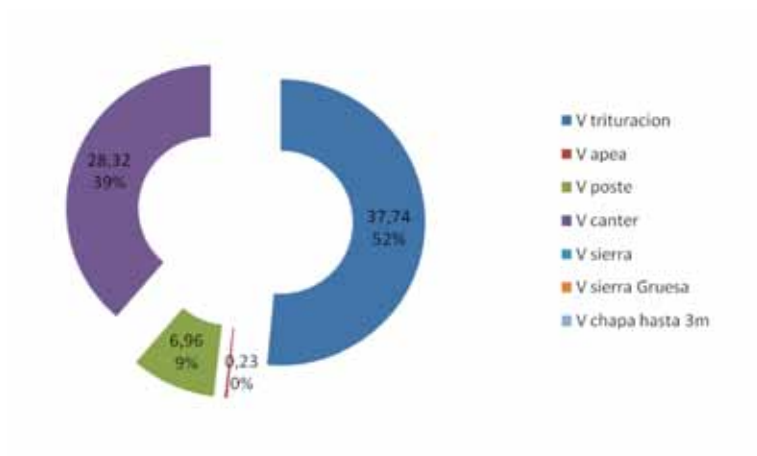


2ª clara. Productos de Madera (m³/ha)

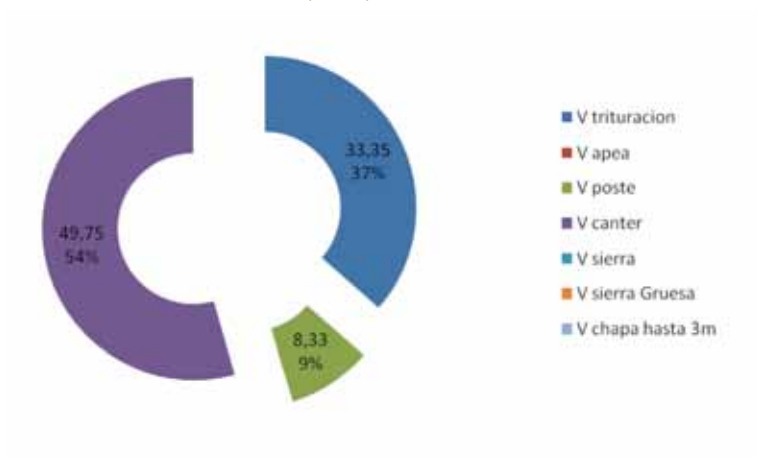


184

3ª clara. Productos de madera (m³/ha)



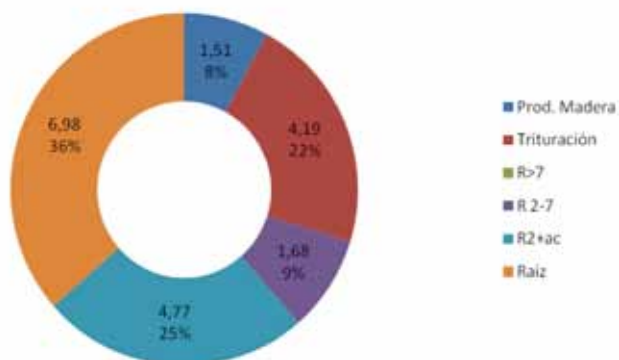
4ª clara. Productos de madera (m³/ha)



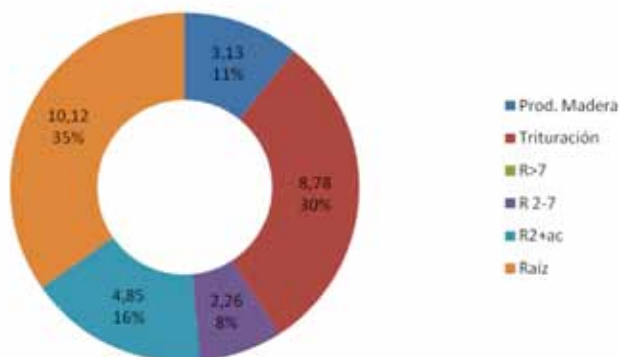
186

En las claras, con carácter general, no existe la fracción de biomasa de ramas de diámetro mayor de 7 cm, ya que esta fracción de biomasa aparece en las masas de pino silvestre cuando los individuos alcanzan los 40 cm de diámetro (aprox.) y en estas claras los árboles extraídos no alcanzan ese tamaño. Al final del turno, en la corta final, ya existen pies de esas dimensiones que nos generan peso de biomasa de esa fracción.

1ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)

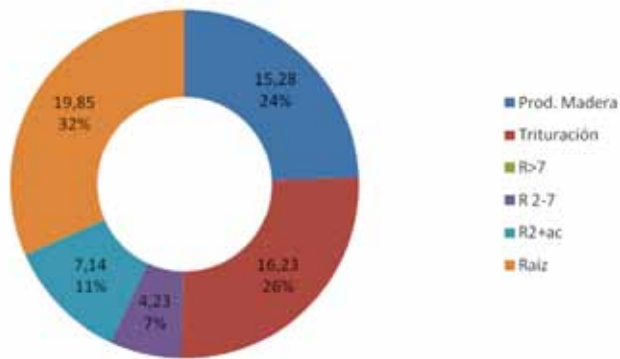


2ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)

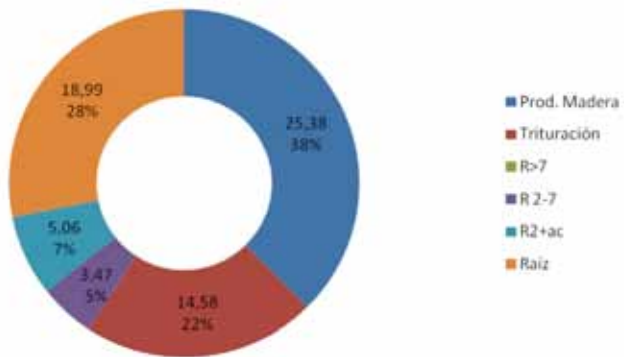


3ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)

187



4ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)



Corta final. Biomasa (t materia seca/ha)

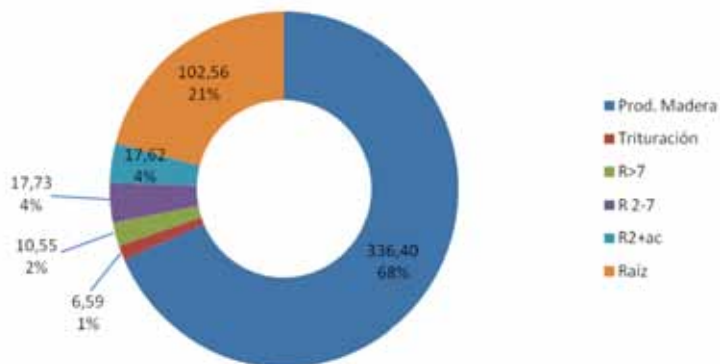


Figura 3. Distribución de las cantidades de biomasa obtenidas en las cortas.

Las cantidades de biomasa forestal que se obtendrían según esta propuesta de gestión forestal en masas de calidad de estación alta son moderadas.

Su aprovechamiento, bien por la industria de trituración o/y de producción de energía, supondría la extracción de aquella biomasa del fuste dedicada a trituración y las cantidades procedentes de las fracciones de biomasa de ramas mayores de 2 cm de diámetro. Así, se obtendrían cantidades que varían entre las 5,87 toneladas por hectárea en la primera clara, las 11,04 t/ha en la segunda, los 20,46 t/ha para la tercera, las 18,05 para la cuarta clara y los 34,9 t/ha en la corta final.

La cantidad de biomasa total extraída alcanza, para esta propuesta, los 90,29 t/ha. Si se expresa la cantidad de biomasa total extraída en peso por hectárea y año, se obtiene un valor de 0,885 t/ha y año.

Índice de sitio 18

Dado que el índice de sitio define la capacidad productiva de la estación (expresada en volumen o biomasa), se ha realizado otra simulación para *Pinus Sylvestris* sobre una calidad de estación baja, expresada con un Índice de Sitio igual a 18 (18 metros de altura a los 100 años), según el modelo de Rojo y Montero (1996). A la vista de estos datos, se puede pensar que la vocación preferente de

estas masas no será la producción de madera de calidad, típica de las masas de este pino, sino que tendrá una destacada función protectora, aparte de todas las inherentes de la existencia de ella misma.

189

En esta la simulación, en masas con una vocación principal no productiva, se han establecido tres claras.



Figura 4. Masa de *Pinus Sylvestris* de índice de sitio 18.

El tipo de las claras será por lo bajo, afectando a árboles dominados e intermedios y puntualmente a aquellos codominantes con malos portes o dañados

con la finalidad de mejorar el producto a extraer en la corta final, aunque también pudieran hacerse sistemáticas dado el no carácter productor de la masa. En la simulación que se presenta a continuación la segunda clara se puede definir como baja-mixta, ya que aunque afecta preferentemente al estrato dominado también extrae algunos pies del codominante.

En relación al peso de estas claras, se definen como débiles-moderadas, con una relación del área basimétrica extraída respecto del área basimétrica antes de la clara que varían entre el 29% en la primera clara, el 15% en la segunda y el 24% de la tercera clara.

La edad para realizar la primera clara en masas cuyo objetivo principal es de protección (u otro, pero claramente no productivo), se puede efectuar a edades más avanzadas (35-40 años), en función de la densidad, puesto que la función principal de las claras en este tipo de masas es asegurar la estabilidad y el vigor vegetativo. De igual manera, la rotación entre claras debe ser mayor que en las masas productivas de madera, ya que presentan un peso menor y el crecimiento en estas masas es más lento.

El número de claras ideal sería de 3, con el objetivo general de mejorar la masa reduciendo la competencia, para procurar la estabilidad biológica.

Para la definición del turno en masas de calidad baja, es imprescindible conocer aquellos condicionantes particulares de cada masa. Aunque, como norma general, el turno se alarga en masas de calidades menores, para obtener un producto final de mayores dimensiones que en turno menor. En el caso de estudio el turno se ha establecido en 120 años, cifra bastante similar a la que se lleva a cabo en la gestión real, para poder realizar una regeneración exitosa de la masa.

En la simulación realizada, los datos de partida utilizados como punto inicial de la masa presentaban un número de pies elevado como consecuencia de no haberse realizado intervenciones anteriores. Además, la primera clara se ha retrasado realizándose a la edad de 50 años. Esto implica realizar una primera clara de peso moderado, adaptándose a esas condiciones iniciales. Este punto de inicio presenta bastante similitud con las condiciones reales, ya que la gestión de estas

masas sin finalidad productiva es “poco intensa”, retrasándose los tratamientos culturales. Esto es así porque, aunque la calidad de la madera en pino silvestre es buena, las intervenciones no se realizan hasta que existen productos de suficientes dimensiones en la masa.

En la tabla 4 se muestra la propuesta selvícola para *Pinus Sylvestris* con índice de sitio 18, cuantificándose las intervenciones realizadas.

Las cantidades de madera obtenidas en las diferentes intervenciones realizadas (claras y corta final) se especifican en la tabla 5, identificando el destino de los productos de madera.

Tabla 4. Evolución de la masa de *Pinus Sylvestris* L. con índice de sitio 18, en la que se han realizado tres clares

Edad	Ho	Masa principal antes de la clara						Masa extraída	
		N ac	Dg	AB	H	Vcc	Biom. tot ac	N ext	Dg ext
45	10,0	2771	10,52	24,09	8,3	105,2	71,6	-	-
50	11,2	2771	11,39	28,21	9,3	135,8	86,4	1293	8,96
65	14,0	1478	17,12	34,04	12,4	206,6	118,6	323	14,13
75	15,4	1155	20,21	37,05	14,1	248,2	137,6	370	17,39
120	18,6	762	28,96	50,19	17,6	406,0	216,0		

Edad en años; Ho: Altura dominante en m; N: Número de pies; Dg: Diámetro cuadrático medio en cm; AB: Área basimétrica en m²; H: Altura media en m; Vcc: Volumen comercial en m³/ha; Biom. tot ac: Biomasa total en m³/ha; N ext: Número de árboles extraídos; Dg ext: Diámetro cuadrático medio en cm; AB ext: Área basimétrica en m²; H ext: Altura media en m; V ext: Volumen en m³/ha; Biom. ext: Biomasa extraída en m³/ha. Los datos están expresados para la hectárea.

Tabla 5. Volúmenes de madera extraídos (m³) en las diferentes intervenciones clasificadas según su destino

Intervención	N ext	V fuste	V trituración	V apea
1ª Clara	1293	32,34	23,70	8,12
2ª Clara	323	28,43	18,02	4,38
3ª Clara	370	54,69	40,21	5,40
Corta final	762	399,73	93,22	0,00

N ext: Número de árboles extraídos; V: Volumen en m³/ha.

Masas moderado-débiles.									
Masa principal antes de la clara				Masa principal antes de la clara					
AB ext	H ext	Vcc ext	Biom. tot ext	N dc	Dg dc	AB dc	H dc	Vcc dc	Biom. tot dc
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,15	8,66	36,45	23,70	1478	13,15	20,07	9,93	99,40	62,72
5,07	11,54	29,84	17,22	1155	17,87	28,97	12,71	176,86	101,37
8,77	13,58	56,73	31,45	785	21,41	28,28	14,35	191,42	106,20
Altura media de la masa en m;Vcc:Volumen con corteza en m³;Biom. tot: Biomasa total aérea de la masa en toneladas.Todos los									

D.				
V poste	V canter	V sierra	V sierra Gruesa	V chapa hasta 3m
0,18	0,35	0	0	0
0,84	0,97	4,22	0	0
2,87	6,21	0	0	0
22,99	126,44	157,08	0	0

Para el esquema selvícola que se ha presentado para el pino silvestre con índice de sitio 18, dado que se ha retrasado la ejecución de la primera clara, los productos extraídos en los tratamientos intermedios (madera) tienen unas mayores dimensiones que si se hubiesen realizado a edad más temprana.

Así, el volumen extraído en la primera clara es considerable (32,34 m³/ha) y, aunque el 73% va para trituración, existe un 25% que va para apeas y una cantidad residual para postes y canter. La segunda clara extrae 28,43 m³/ha (tipo bajo-mixto), destinándose un 37% de la producción para madera, obteniéndose un pequeño porcentaje para madera de sierra. En la tercera clara se extrae 54,69 m³/ha, destinándose el 26% del volumen para madera (apeas, postes y canter) y el resto a trituración/biomasa. En la corta final se obtendrían casi 400 m³/ha, pudiéndose destinar a sierra un 39%, a postes y canter un 6 y 32% respectivamente y a trituración/biomasa un 23%.

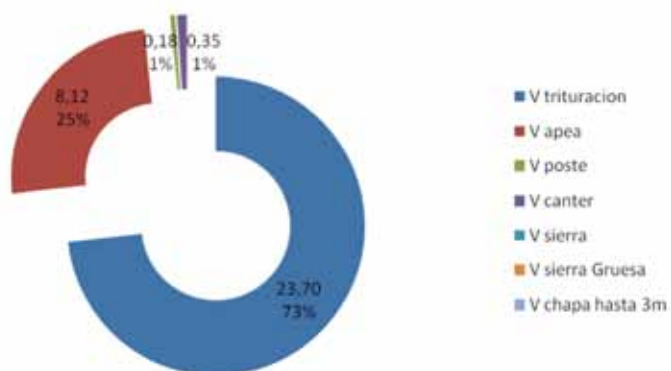
La existencia de volumen para sierra en la segunda clara viene reflejada por la corta de individuos codominantes o dominantes por causas especiales como motivos sanitarios o debido a daños provocados por viento o nieve.

En la corta final se visualiza la influencia de la calidad de estación, ya que no se obtiene madera para sierra gruesa o para chapa, puesto que la productividad es baja y no se alcanzan dimensiones suficientes en los pies extraídos.

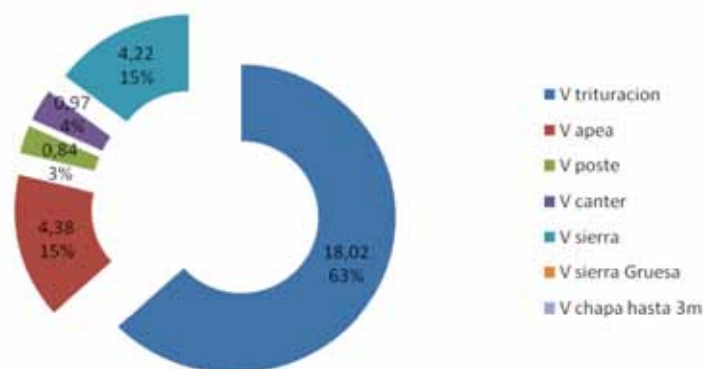
En los siguientes gráficos (figura 5) se muestra la distribución del total de madera según los diferentes destinos, para las claras realizadas.

1ª clara. Productos de Madera (m³/ha)

195

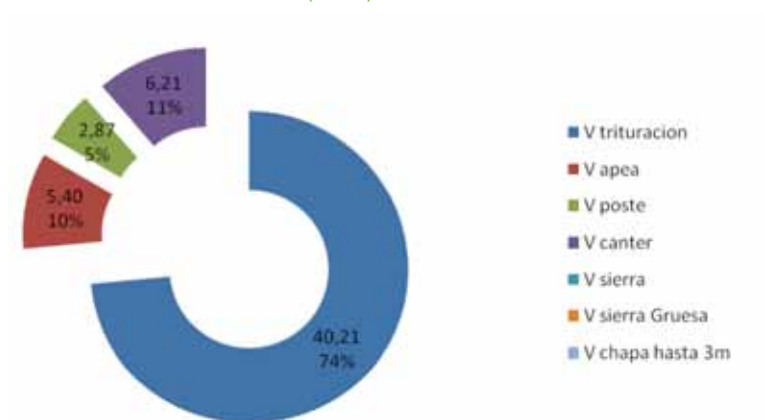


2ª clara. Productos de Madera (m³/ha)



196

3ª clara. Productos de Madera (m³/ha)



Corta final. Productos de Madera (m³/ha)

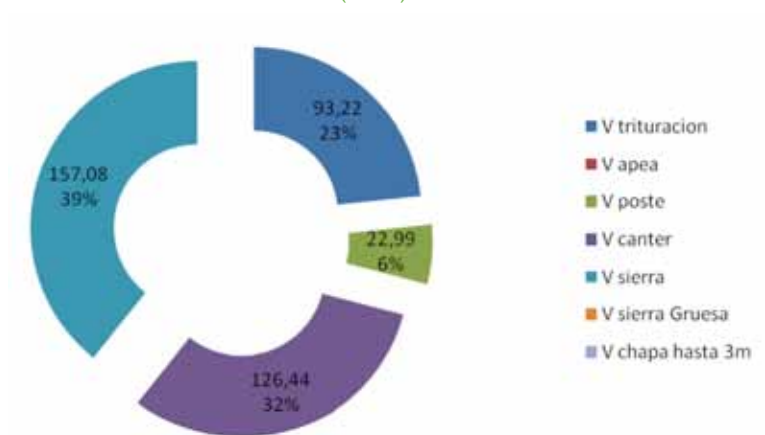


Fig. 5. Distribución de la cantidad de madera por destinos para *Pinus Sylvestris* con índice de sitio 18.

Como se ha reflejado en la tabla y los gráficos anteriores, la cantidad de madera de calidad disponible en estas masas es reducida. De esta manera, la obtención de biomasa forestal con fines energéticos cobra importancia, existiendo una gran cantidad de madera que se ha establecido en el grupo de trituración que puede ser utilizada para ello totalmente en algunos casos, repartiéndose en otros y usándose exclusivamente por la industria para su trituración, en otros.

La tabla 6 y los gráficos posteriores (figura 6) cuantifican las extracciones realizadas en la masa desde el punto de vista de producción de biomasa, en función de su origen y uso (en el caso del fuste). Dado los fines no productivos de la masa (por la baja calidad de la estación), cobra una mayor importancia a la hora de realizar los aprovechamientos no extraer las fracciones de ramillos de tamaño menor de 2 cm y acículas para proteger contra la erosión del suelo y mantener la fertilidad.

En la masa, con carácter general, no existiría la fracción de biomasa de ramas de diámetro mayor de 7 cm, ya que esta fracción de biomasa aparece en las masas de pino silvestre cuando los individuos alcanzan los 40 cm de diámetro (aprox.). En este caso, los individuos no alcanzan esas dimensiones ni al final del turno.

Tabla 6. Peso de biomasa extraído (toneladas) en las diferentes intervenciones según su origen

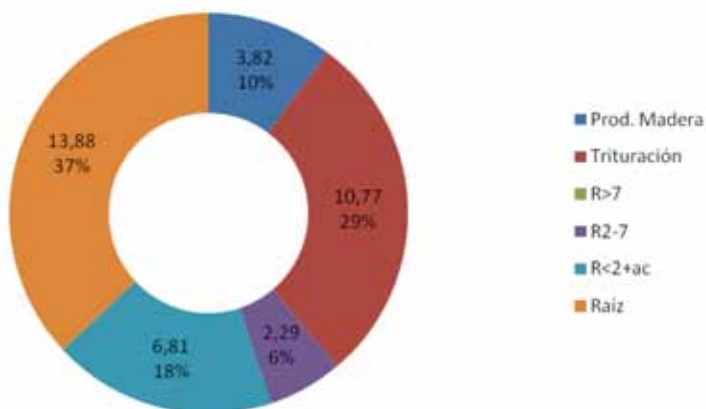
Corta	N ext	Fuste			R>7	R2-7	R<2	B. raíz
		Total	Madera	Trituración				
1ª Clara	1293	14,59	3,82	10,77	0,00	2,29	6,81	13,88
2ª Clara	323	12,34	4,51	7,83	0,00	1,59	3,29	8,63
3ª Clara	370	23,67	6,27	17,40	0,00	2,66	5,13	14,94
Corta final	762	174,31	133,66	40,65	0,00	17,51	24,19	85,51
TOTAL		224,91	148,26	76,65	0,00	24,05	39,42	122,96

N ext: Número de árboles extraídos; R>7: Ramas con diámetro mayor de 7 cm; R2-7: Ramas con diámetro comprendido entre 7 y 2 cm; R<2: Ramas con diámetro menor que 2 cm, incluyendo las acículas; B.

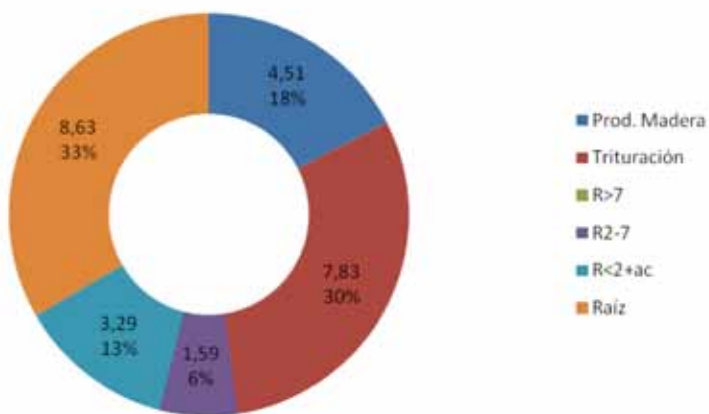
Total: Biomasa total aérea; B. Raíz: Biomasa radical.

198

1ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)

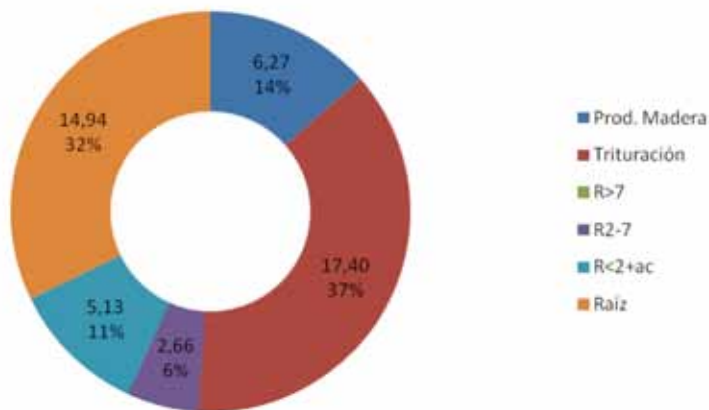


2ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)



3ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)

199



Corta final. Biomasa (t materia seca/ha)

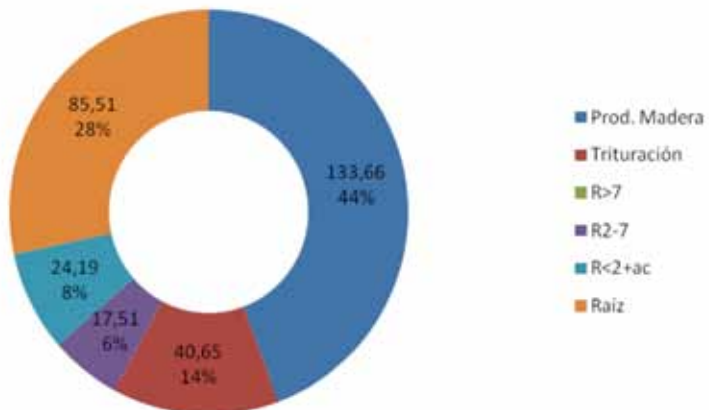


Fig. 6. Distribución de la cantidad de biomasa para *Pinus Sylvestris* con índice de sitio 18

200

En pinares de silvestre con índice de sitio 18, como se muestra en esta propuesta selvícola, las cantidades de biomasa que se obtienen en las intervenciones y en la corta final (contabilizando tanto la biomasa que hemos denominado “destino trituración” y las ramas mayores de 2 cm de diámetro) son mayores que en la propuesta anterior sobre una estación de mayor capacidad productiva (con distinta propuesta selvícola). Así, la estimación de cantidades para las intervenciones varían entre los 13,06 toneladas/hectárea en la primera clara (tipo bajo), los 9,42 t/ha de la segunda clara (clara baja-mixta), los 20,06 en la tercera clara y los 58,14 de la corta final.

La cantidad de biomasa total extraída alcanza, en esta simulación, los 100,7 t/ha. Expresando la cantidad de biomasa total extraída en peso por hectárea y año, se obtiene un valor de 0,839 t/ha y año.

Si se realiza una comparativa de las dos propuestas selvícolas para *Pinus Sylvestris* sobre distintas calidades de estación (índice de sitio 29 y 18) observamos que las cantidades totales de biomasa (suma de biomasa para las intervenciones realizadas –claras y corta final-) son bastante similares (90,29 t/ha para la calidad 29 y 100,70 t/ha para la calidad 18) contabilizándose biomasa destinada a trituración (o producción de energía) y ramas de diámetro mayor que 2 cm. La gran diferencia cuantitativa está en la cantidad de madera que se destina a la industria en la calidad 29 (432,06 t/ha) en relación con la que se destina en la calidad 18 (148,26 t/ha).

El pino silvestre tiene una madera de muy buena calidad y, aunque, la producción de la propuesta de calidad 18 es reducida en comparación con la propuesta de calidad 29, esa producción de madera será, seguramente, demandada y aprovechada por la industria.

SIMULACIONES PARA *PINUS PINASTER*

201

Índice de sitio 24

El punto de partida es una masa de pino negral situada en una calidad de estación alta, expresada con un Índice de Sitio igual a 24 (24 metros de altura a los 80 años), según el modelo propuesto por Bravo-Oviedo et al. (2004). Con estos datos, se puede inferir que estas masas tendrán una vocación preferente productora de madera de calidad, sin menospreciar todas las otras funciones inherentes a la existencia de la masa.



Fig. 7. Masa de *Pinus Pinaster* con índice de sitio 24.

En la simulación realizada para pino negral sobre una estación de alta capacidad productiva se establecen tres claras. El objetivo preferente es obtener madera de calidad al final del turno.

El tipo de las claras será por lo bajo, afectando a árboles dominados e intermedios y puntualmente a aquellos codominantes con malos portes o dañados para obtener un producto de dimensiones máximas en la corta final. También podrían hacerse claras mixtas semisistemáticas, utilizando medios mecánicos (procesadoras y autocargadores) que abrieran fajas para facilitar las intervenciones posteriores.

En relación al peso de las claras, éstas se definen como moderadas-fuertes, con una relación del área basimétrica extraída respecto del área basimétrica antes de la clara que varían entre el 35% en la primera clara, el 22% en la segunda y el 15% de la tercera clara, para alcanzar el objetivo de tener unas densidades a edad de turno entre 300 y 400 pies por hectárea.

Tabla 7. Evolución de la masa de *Pinus Pinaster Ait.* con índice de sitio 24, en la que se han realizado tres claras

Edad	Ho	Masa principal antes de la clara						Masa extraída	
		N ac	Dg	AB	H	Vcc	Biom. tot ac	N ext	Dg ext
28	14,6	1250	21,59	45,78	12,4	271,9	141,4	-	-
33	15,7	1250	22,62	50,24	13,4	320,5	162,8	620	18,9
41	17,4	630	29,58	43,30	15,9	320,0	157,7	180	26,2
54	19,3	450	37,28	49,11	18,1	416,7	200,1	70	35,4
79	23,2	370	43,48	54,95	22,2	563,2	255,6		

Edad en años; Ho: Altura dominante en m; N: Número de pies; Dg: Diámetro cuadrático medio en cm; AB: Área basimétrica en m²; H: Altura media de la masa en m; Vcc: Volumen con corteza en m³; Biom. tot: Biomasa total aérea de la masa en toneladas. Todos los datos están expresados para la hectárea.

Tabla 8. Volúmenes de madera extraídos para *Pinus Pinaster Ait.* con índice de sitio 24 en las diferentes intervenciones

Intervención	N ext	V fuste	V tronco
1ª Clara	620	102,57	7,1
2ª Clara	180	69,25	3,1
3ª Clara	70	58,66	1,1
Corta final	370	582,75	1,1

N ext: Número de árboles extraídos; V: Volumen en m³/ha.

La edad para realizar la primera clara en masas cuyo objetivo principal es obtener madera de calidad (productivo), se sitúa entre los 20-25 años, pudiendo retrasarse hasta los 30-40 años para mantener una densidad alta que de sombra al matorral (Rodríguez-Soalleiro et al., 2008). La rotación entre claras puede establecerse en función del incremento de la altura dominante de la masa. El criterio anterior ha sido el utilizado en este caso, utilizando un valor de incremento de altura dominante de 2 m., adoptándose una rotación de 8 años entre la primera y la segunda clara y de 13 años entre la segunda y la tercera. Por tanto el número de claras que se considera necesario, en este caso, es de tres claras, realizándose la primera a los 33 años, la segunda a los 41 y la tercera a los 54 años.

El turno en estas masas de calidad elevada, con fines productivos, está definido por el criterio de máxima renta en especie o por criterios tecnológicos en función de la demanda de la industria de la madera. En general, el turno de estas masas podría situarse entre 60 (realizándose un programa de claras estricto y adecuado a las características de la masa) y 80 años (si no se ha podido seguir dicho programa, lo cual está bastante cercano a la realidad). En esta simulación el turno se ha situado en 80 años.

Claras moderado-fuertes

Masa principal antes de la clara				Masa principal antes de la clara					
AB ext	H ext	Vcc ext	Biom. tot ext	N dc	Dg dc	AB dc	H dc	Vcc dc	Biom. tot dc
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,4	12,6	102,5	52,5	630	25,76	32,84	14,24	217,96	110,25
9,7	15,3	68,2	33,7	450	30,84	33,61	16,10	251,85	123,97
6,9	17,9	57,4	27,5	380	37,62	42,23	18,19	359,37	172,53

AB: Altura media de la masa; H: Altura dominante en m; N: Número de pies; Dg: Diámetro cuadrático medio en cm; Vcc: Volumen con corteza en m³; Biom. tot: Biomasa en toneladas. Todos los datos están expresados para la hectárea.

Intervenciones clasificadas según su destino.

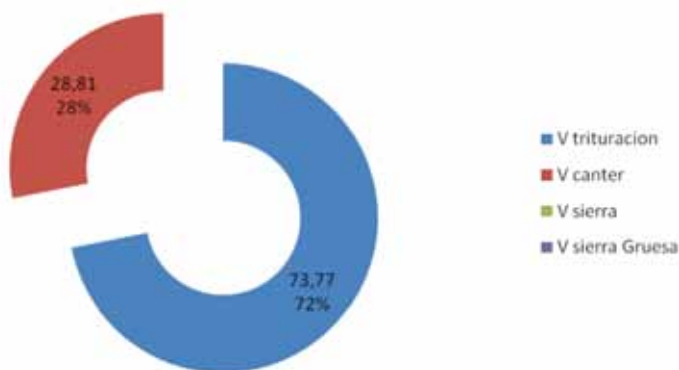
Destino	V canter	V sierra	V sierra Gruesa
3,77	28,81	0	0
3,28	31,99	3,99	0
8,68	3,01	43,16	3,81
4,78	0,00	360,77	207,19

En la tabla 7 se han cuantificado las intervenciones antes y después de la clara y en la tabla 8 se muestran detalladas las cantidades de madera obtenidas en función de los posibles destinos para la madera de pino negral. Como se ve en esta tabla, no se obtiene madera de sierra hasta que no se extraen pies de dimensiones mayores a los 30 cm de diámetro (segunda clara), ni madera de sierra gruesa hasta que no se extraen pies con diámetros superiores a 40 cm (tercera clara).

En esta propuesta selvícola realizada para pino negral en calidad de estación alta, el volumen extraído en la primera clara es alto (102,6 m³/ha) puesto que se ha realizado una clara fuerte, destinándose en ella el 28% para canter y el 72% restante a trituración/biomasa. La cantidad extraída en la segunda clara se sitúa en los 69,3 m³/ha, aumentando las cantidades que se podrían destinar a canter (46%) y apareciendo madera para sierra (6%), siendo el resto para biomasa (energía/trituración). La tercera clara extrae 58,7 m³/ha, destinándose poco volumen a biomasa (15%), dedicándose el resto a sierra gruesa (6%), sierra (74%) y canter (5%). La corta final consigue madera de dimensiones, como se corresponde a esta calidad, con porcentajes para sierra y sierra gruesa importantes (62% y 36% respectivamente). El volumen de madera para biomasa/trituración es muy pequeño, situándose en un 2%.

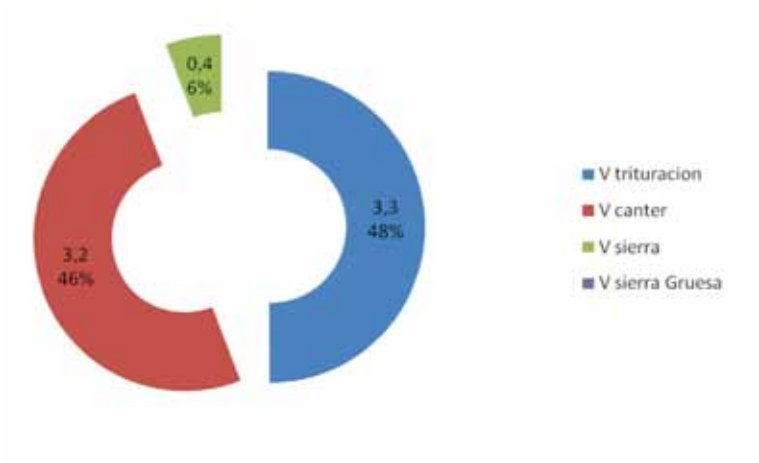
En los siguientes gráficos se muestran la distribución del volumen de madera extraída, según los diferentes destinos, para cada intervención realizada.

1ª clara. Productos de Madera (m³/ha)

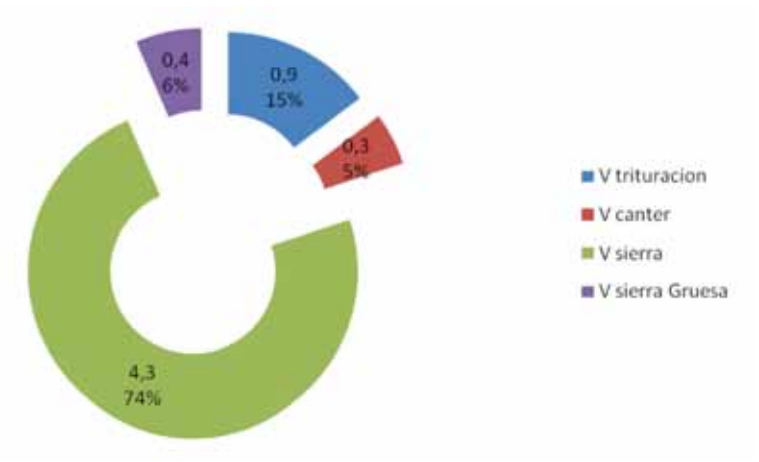


2ª clara. Productos de Madera (m³/ha)

205



3ª clara. Productos de Madera (m³/ha)



Corta final. Productos de Madera (m³/ha)

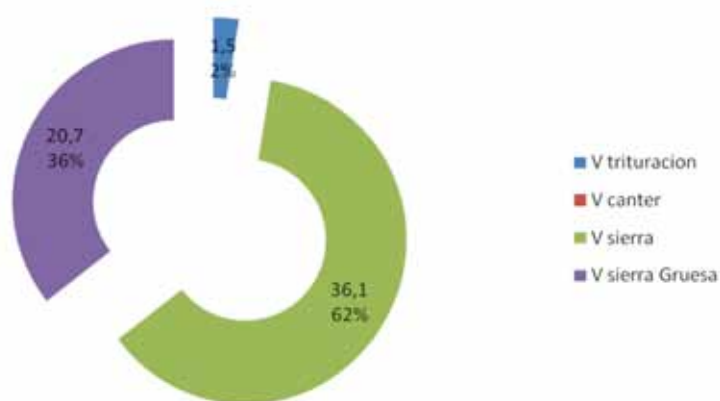


Fig. 8. Distribución de los volúmenes de madera extraídos según destinos

La cuantificación de las extracciones como peso seco de biomasa extraída, en función del origen y posible destino y uso por la industria de la madera (madera y trituración) se muestra en la tabla

Tabla 9. Peso de biomasa extraído (toneladas) en las diferentes intervenciones según su origen

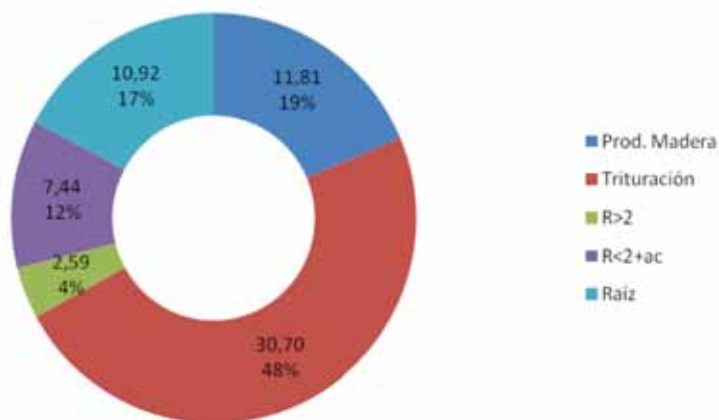
Corta	N ext	Fuste			R>2	R<2+ac	B. raíz
		Total	Madera	Trituración			
1ª Clara	620	42,51	11,81	30,70	2,59	7,44	10,92
2ª Clara	180	27,15	14,07	13,09	2,00	4,55	7,67
3ª Clara	70	21,99	18,72	3,27	2,00	3,56	6,95
Corta final	370	205,12	199,89	5,23	20,14	30,34	65,26
TOTAL		296,77	244,49	52,29	26,73	45,89	90,8

N ext: Número de árboles extraídos; R>2: Ramas con diámetro mayor de 2 cm; R<2+ac: Ramas con diámetro menor que 2 cm, incluyendo las acículas; B. raíz: Biomasa radical

Las cantidades de biomasa forestal para fines energéticos o de trituración que se obtendrían en el aprovechamiento de pinares de pino negral, a la vista de los resultados de la tabla 9, se pueden considerar como bastante pequeñas. Contabilizando, como en las simulaciones anteriores las cantidades de fuste dedicada a trituración y las cantidades de ramas mayores de 2 cm de diámetro, se obtendrán cantidades que varían entre las 33,29 toneladas por hectárea en la primera clara (clara fuerte), las 15,09 t/ha en la segunda, los 5,27 t/ha para la tercera (clara débil) y los 25,4 t/ha en la corta final.

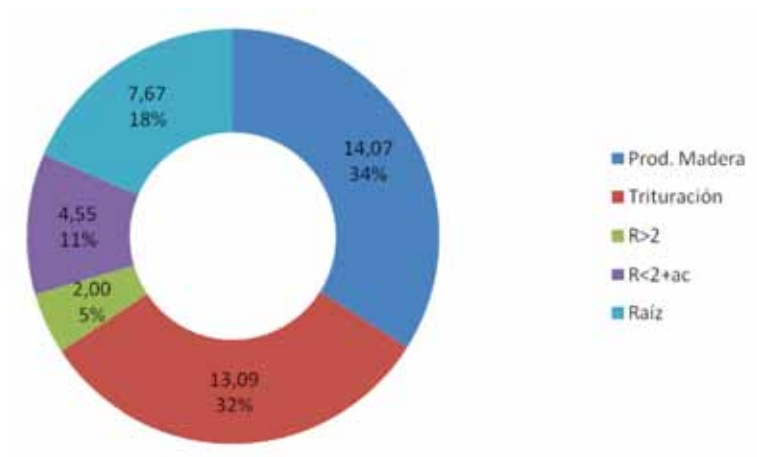
Se obtienen, expresado como cantidad de biomasa total extraída, 79,02 t/ha en esta alternativa para pino negral en calidad 24. Si se expresa la cantidad de biomasa total extraída en peso por hectárea y año, se obtiene un valor de 1,000 t/ha y año.

3ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)

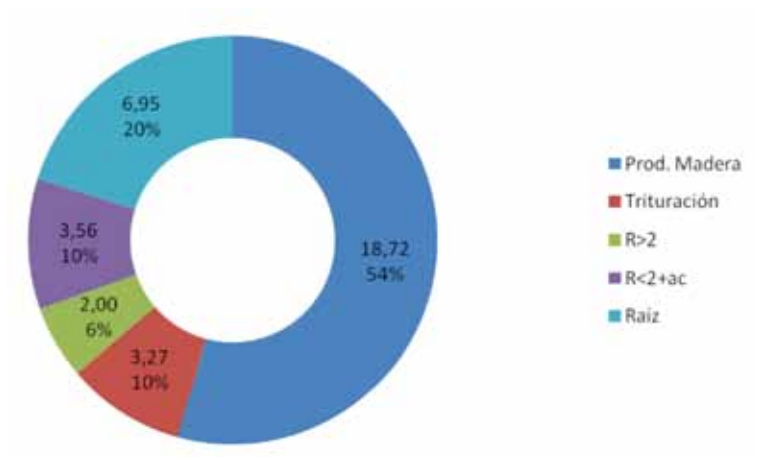


208

2ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)



3ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)



Corta final. Biomasa (t materia seca/ha)

209

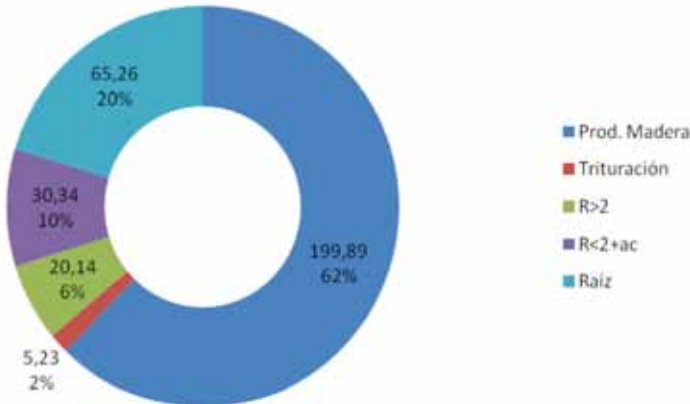


Fig. 9. Cantidades de biomasa según origen y utilización

Índice de sitio 18

Para *Pinus Pinaster* se ha desarrollado una alternativa sobre calidad de estación baja, expresado con un Índice de Sitio igual a 18 (18 metros de altura a los 80 años), según el modelo de Bravo-Oviedo et al. (2004). Se ha considerado, al igual que la simulación anterior; que se trata de una masa de *Pinus Pinaster* subsp. *mesogeensis*.



Fig. 10. Masa de *Pinus Pinaster* con índice de sitio 18.

Este índice de sitio nos informa que la estación presenta una capacidad productiva media. Así, es posible pensar en estas masas que la vocación preferente podría ser la producción de madera si no existen condicionantes de otro tipo y existe demanda de madera por parte de la industria, mientras que si existen condicionantes de la estación (altas pendientes, fragilidad del medio,...) la función principal puede ser la protectora o si existen otros usos prioritarios (preservación de la biodiversidad, cinegética, recreativa,...) la función productiva queda en segunda plano.

En esta simulación para pino negral se ha considerado que la función productiva no es la prioritaria, para diferenciarla claramente del ejemplo anterior; aunque a final de turno los productos maderables son interesantes.

Se ha establecido en este ejemplo la realización de tres claras, para este tipo de masas de calidad media.

El tipo de las claras será por lo bajo, afectando al estrato dominado e intermedio y, puntualmente, al codominante para eliminar aquellos pies dañados o que presenten síntomas de plaga o enfermedad con el fin de mejorar el producto a extraer en la corta final. Aunque este no es el objetivo final, se puede reducir la competencia dentro de la masa favoreciendo a los mejores pies.

En masas en lo que sea posible realizar claras mecanizadas, éstas pueden ser mixtas semisistemáticas con la apertura de calles o fajas.

En relación al peso de las claras, éstas se definen como moderadas. Se pueden cuantificar en función de la relación entre el área basimétrica extraída respecto del área basimétrica antes de la clara. Así, varían entre el 19% en la primera clara, el 28% en la segunda y el 25% de la tercera clara. El peso de la primera clara no es muy fuerte dado que la densidad inicial no es alta.

La edad para realizar la primera clara en masas con este objetivo principal se sitúa entre los 20-40 años, en función de la calidad de estación (Río et al., 2006), siendo más temprana en las mejores dado que la masa seguirá tendrá una respuesta más rápida. Para determinar la rotación entre claras utilizamos el criterio del incremento en altura dominante de la masa. En la simulación se ha utilizado un

valor de incremento en altura dominante de 2 m., adoptándose una rotación de 10 años. La primer clara se realiza a los 23 años, la segunda a los 33 años (rotación de 10 años) y la tercera clara a los 48 años (rotación de 15 años). Por tanto, con este objetivo, no se considera necesario realizar más de tres claras.

La determinación del turno en este tipo de masas de calidad media, donde la producción no es el objetivo preferente, pero es posible obtener un producto de cierta calidad es una decisión compleja. En general, en masas con objetivo no productivo se plantea un turno de 80 e incluso de 100 años con criterios conservadores. Éste último valor es el considerado en esta simulación.

Las descripciones de las intervenciones a lo largo de la vida de la masa se muestran en la tabla 10, presentándose en la tabla 11 el detalle de las producciones de madera extraídas en las simulaciones. Aunque la masa tiene una calidad media, no se obtiene madera de sierra hasta la corta final, ya que se realizan claras por lo bajo.

212

Tabla 10. Evolución de la masa de *Pinus Pinaster* Ait. con índice de sitio 18, en la que se han realizado tres c

Edad	Ho	Masa principal antes de la clara						Mas	
		N ac	Dg	AB	H	Vcc	Biom. tot ac	N ext	Dg ext
18	6,2	1450	13,96	22,18	5,7	63,5	42,7	-	-
23	7,6	1450	15,17	26,21	6,7	87,4	55,4	370	13,18
33	9,9	1080	20,41	35,34	8,9	154,0	90,4	360	18,83
48	12,4	720	25,77	37,54	11,3	205,2	112,7	220	23,38
103	20,0	480	37,93	54,25	18,9	476,4	226,0		

Edad en años; Ho: Altura dominante en m; N: Número de pies; Dg: Diámetro cuadrático medio en cm; AB: Área basimétrica en m²
 Todos los datos están expresados para la hectárea.

Tabla 11. Volúmenes de madera extraídos (m³) en las diferentes intervenciones clasificadas según su des

Intervención	N ext	V fuste	V tri
1ª Clara	370	14,61	1
2ª Clara	360	40,90	3
3ª Clara	220	48,98	2
Corta final	480	488,40	3

N ext: Número de árboles extraídos; V: Volumen en m³/ha

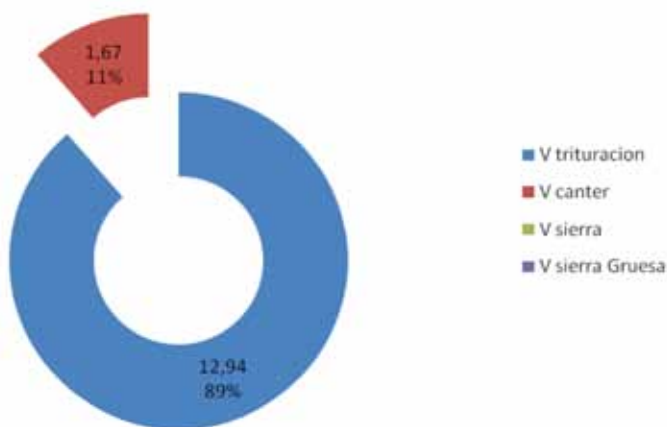
claras moderado-débiles									
Masa principal antes de la clara				Masa principal antes de la clara					
AB ext	H ext	Vcc ext	Biom. tot ext	N dc	Dg dc	AB dc	H dc	Vcc dc	Biom. tot dc
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,05	6,39	15,78	10,09	1080	15,79	21,16	6,87	71,57	45,30
10,02	8,67	42,32	24,91	720	21,16	25,32	9,07	111,72	65,45
9,44	10,99	49,59	27,31	500	26,75	28,10	11,47	155,62	85,42
; H:Altura media de la masa en m; Vcc:Volumen con corteza en m³; Biom. tot: Biomasa total aérea de la masa en toneladas.									

stino.			
duración	V canter	V sierra	V sierra Gruesa
2,94	1,67	0	0
30,43	10,47	0	0
18,42	20,57	0	0
37,30	3,62	385,71	61,76

214

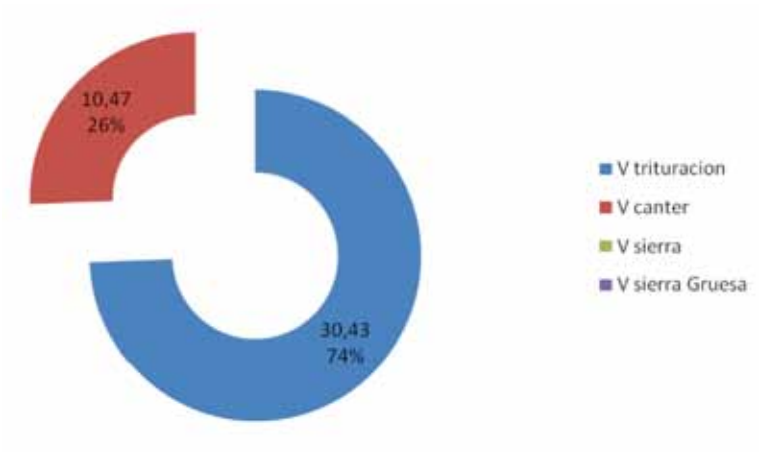
Los gráficos de la figura 11 muestran la distribución del volumen de madera en función de los destinos finales, para cada intervención definida en la propuesta selvícola. Las claras realizadas solamente extraen productos de dimensiones aprovechables por la industria de la trituration/biomasa y de canter (11% en la primera clara, 26% en la segunda y 42% en la tercera), puesto que no se alcanzan dimensiones suficientes para otros usos. En la corta final, los productos de la masa cuentan con dimensiones suficientes para su aprovechamiento fundamentalmente como volumen de sierra (79%), sierra gruesa (13%) y canter (1%).

1ª clara. Productos de Madera (m³/ha)

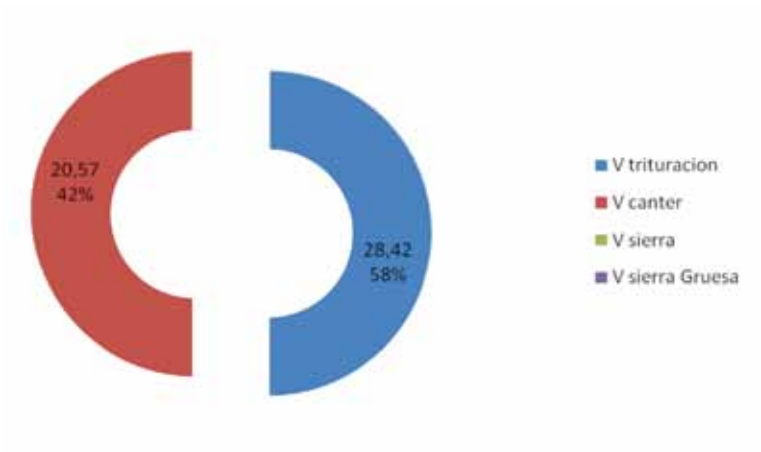


2ª clara. Productos de Madera (m³/ha)

215



3ª clara. Productos de Madera (m³/ha)



Corta final. Productos de Madera (m³/ha)

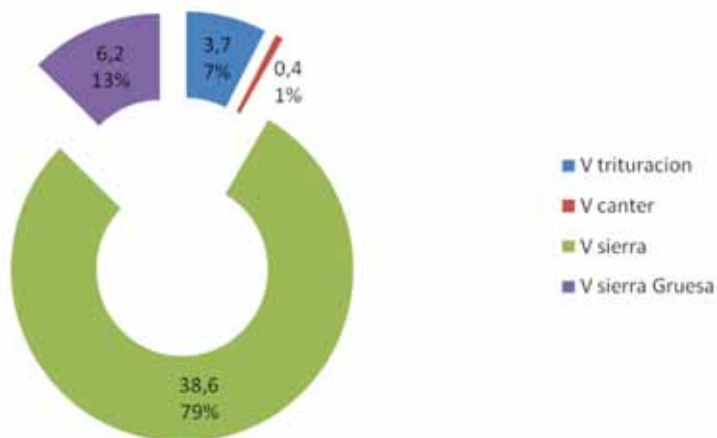


Fig. 11. Distribución de los volúmenes de madera extraídos según destinos para *Pinus Pinaster* con índice de sitio 18

La tabla 12 informa, al igual que la figura 12, de las cantidades de biomasa que se obtienen en cada una de las intervenciones.

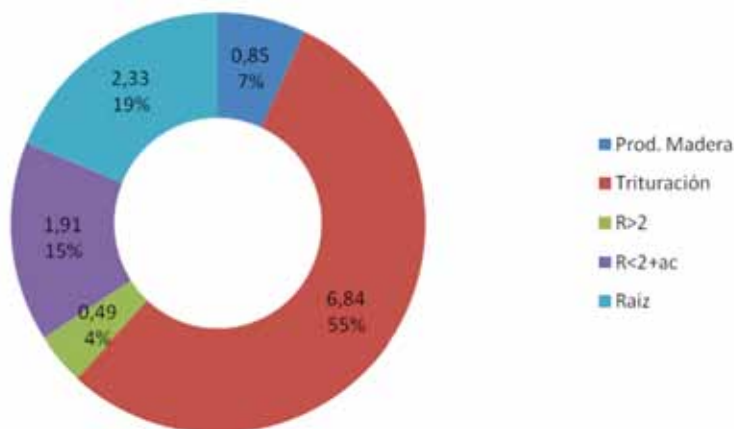
Tabla 12. Peso de biomasa extraído (toneladas) en las diferentes intervenciones según su origen

Corta	N ext	Fuste			R>2	R<2+ac	B. raíz
		Total	Madera	Trituración			
1ª Clara	370	7,70	0,85	6,84	0,49	1,91	2,33
2ª Clara	360	19,20	4,89	14,31	1,45	4,26	6,18
3ª Clara	220	21,32	8,91	12,40	1,72	4,28	6,84
Corta final	480	180,32	166,46	13,86	17,02	28,67	57,75
TOTAL		228,54	181,11	47,41	20,68	39,12	73,1

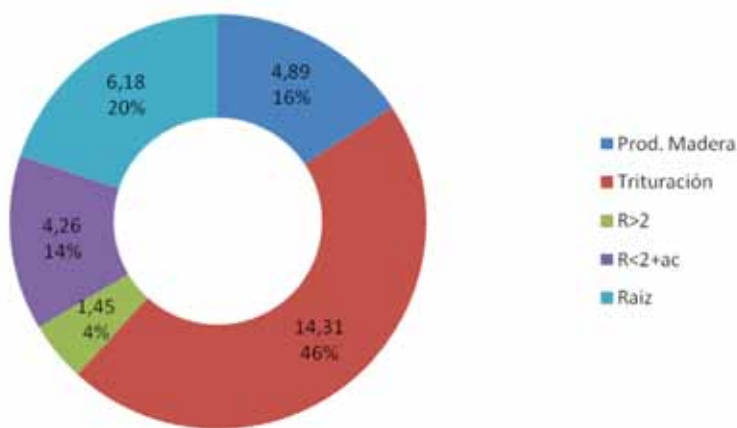
N ext: Número de árboles extraídos; R>2: Ramas con diámetro mayor de 2 cm; R<2: Ramas con diámetro menor que 2 cm, incluyendo las acículas; B. Total: Biomasa total aérea; B. Raíz: Biomasa radical.

1ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)

217

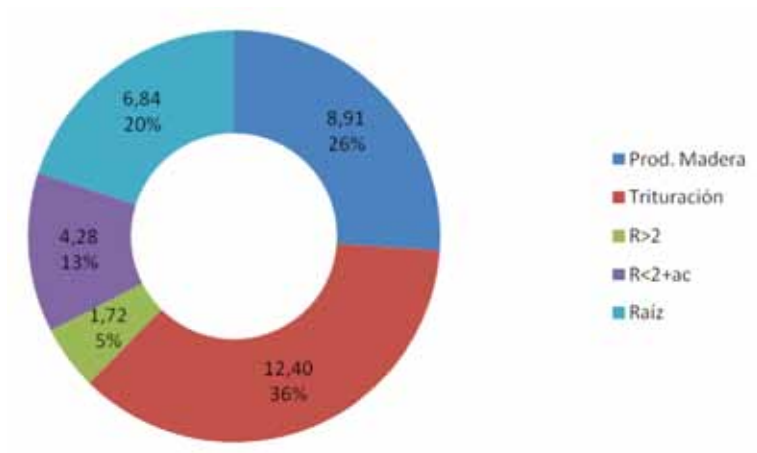


2ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)



218

3ª clara. Biomasa (t materia seca/ha)



Corta final. Biomasa (t materia seca/ha)

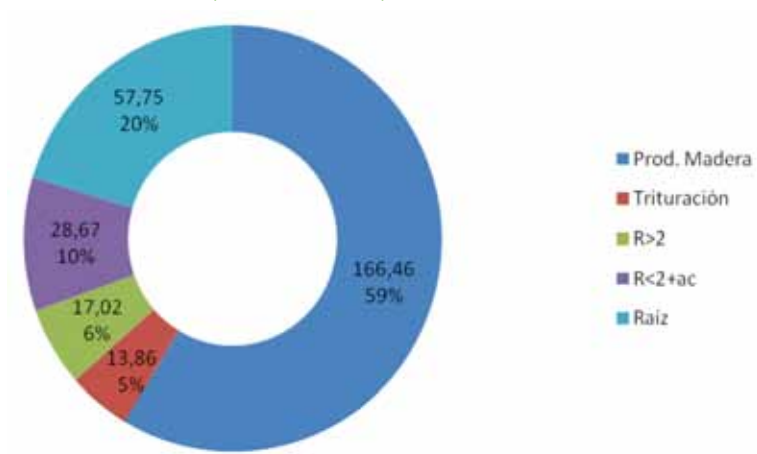


Fig. 12. Cantidades de biomasa extraídas en función de su origen y utilización

En las claras propuestas para estas masas de pino negral de índice de sitio 18, se han cuantificado las cantidades de biomasa que pueden ser utilizadas por la industria de trituración o para la producción de energía. De esta manera, se pueden obtener 7,33 toneladas por hectárea en la primera clara, 15,76 t/ha en la segunda, 13,12 t/ha para la tercera y 30,88 t/ha en la corta final. Además, en todas las intervenciones, la cantidad de biomasa que podría quedar en monte para mantener la fertilidad y evitar pérdidas de suelo por erosión es mayor del 30%.

La cantidad de biomasa total extraída es de 68,09 t/ha para esta simulación de pino negral en calidad 18. Si se expresa la cantidad de biomasa total extraída en peso por hectárea y año, se obtiene un valor de 0,66 t/ha y año. Este valor es bajo, en comparación con la alternativa anterior para pino negral, teniendo bastante importancia en este caso la capacidad productiva de la estación.

En muchas ocasiones, las extracciones que se han cuantificado en esta propuesta selvícola destinadas a la producción de madera, sobre todo en las claras, son de pequeña importancia y no son demandadas por la industria que pide productos de mayores dimensiones. Así, esta fracción también podría ser contabilizada en el destino de trituración/biomasa.

SIMULACIONES PARA *QUERCUS PIRENAICA*

La forma fundamental de estas masas para la obtención de leñas es y ha sido en monte bajo, tratados a turno corto. Aquí, se presentan dos alternativas selvícolas: una de ellas muestra un turno largo, con el posible fin de obtener madera de calidad para fabricar duelas para barricas (existen proyectos de investigación para la utilización de la madera de *Q. Pyrenaica* para el envejecimiento de los vinos, Cadahía et al., 2009) y apeas; y la segunda opción es el tratamiento clásico a turno corto para la obtención de biomasa (leñas).

Rebollar a turno largo

En la propuesta selvícola para los rebollares a turno largo tendrá lugar en una masa con índice de sitio 18 (18 m de altura a los 60 años) según el modelo propuesto por Adame et al. (2006). Si la masa procede de monte bajo, se podría pensar en realizar una transformación a monte alto mediante resalveo de conversión, donde las intervenciones se denominan resalveos. Si la masa procede de monte alto, el objetivo sería continuar con esta forma fundamental de masa.

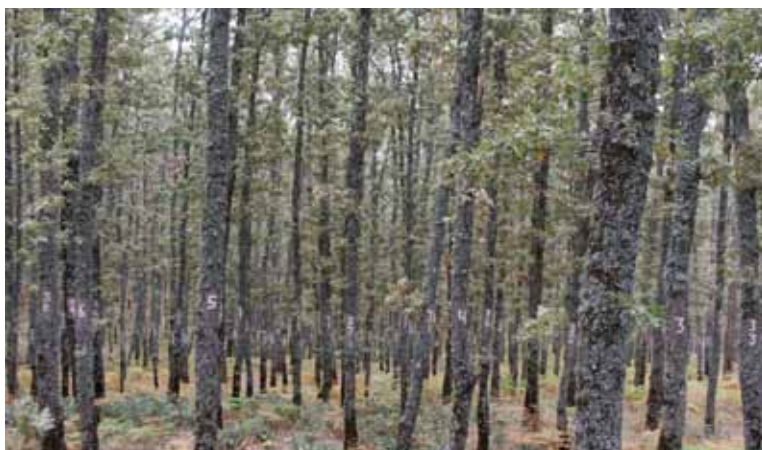


FIG. 13. Masa joven de *Quercus Pyrenaica* con índice de sitio 18

La propuesta selvícola que se ha desarrollado a continuación y que se ha cuantificado en la tabla 13 establece, para una masa que procede de monte bajo, la realización de dos resalveos como óptimo entre la eficacia selvícola de las claras y el coste económico de las intervenciones.

El tipo de ambos resalveos será por lo bajo, afectando a pies pequeños e intermedios y a aquellos que presenten síntomas de plagas o enfermedades o estén puntisecos o con porte deforme. De esta manera, se reduce la competencia y se mejora la estabilidad biológica de la masa, favoreciendo a los mejores pies.

El peso será moderado-fuerte, puesto que solamente se realizarán dos intervenciones. La cuantificación en función de la relación entre el área basimétrica extraída respecto del área basimétrica antes del resalveo nos informa que el peso de la primera intervención es del 27% y el de la segunda es del 43%. Estos pesos han sido considerados de acuerdo a lo expuesto por Cañellas et al. (2004) que encontraron que el mayor crecimiento diametral se muestra en los resalveos más fuertes (50% del área basimétrica extraída), aunque la mayor eficiencia cuantificada con la relación del crecimiento vs. área basimétrica extraída se manifiesta en los resalveos moderados (35 % del área basimétrica extraída).

Al ser el peso moderado-fuerte, el rebrote debe ser controlado. El pastoreo es el mejor método para el control del rebrote y normalmente los rebollares son zonas en las que existe bastante ganado. Si se cuenta con ganado en la zona, se tendrá oportunidad de controlar el rebrote (importante con intervenciones fuertes) siendo, además, una importante fuente de alimento para ellos.

Para seleccionar la edad para realizar la primera intervención en estas masas, los pies deben haber alcanzado una diferenciación social por la cual existan pies que destaquen sobre otros. Así, al realizar el resalveo se irán eliminando aquellos que presenten puntisecado, mal desarrollo, estén dominados, etc., extrayendo, en general, los peores pies. La rotación entre intervenciones se ha llevado a cabo utilizando el mismo criterio, esperar a que se hayan desarrollado fenómenos de competencia en la masa. Se ha establecido un tiempo para que estos fenómenos se manifiesten de 20 años (superior a la cifra de 15 años recomendada por Bravo Fernández et al., 2008). Así, la primera intervención se realizaría a los 30 años y la segunda a los 50 años. Se plantea llegar al final del turno con una densidad cercana a los 500 pies por hectárea.

222

Se ha determinado un turno de corta de 100 años en esta simulación, momento en el cual si existe suficiente producción de bellota podría regenerarse como un monte alto regular. Si éste no es el caso, podría realizarse una vuelta de nuevo al monte bajo y aprovechar las intervenciones para la extracción de biomasa.

Después de describir las intervenciones a realizar, la propuesta selvícola para los rebollares se muestra en la tabla 13. De igual manera, la tabla 14 y figura 14 cuantifican las extracciones desde el punto de vista del peso de biomasa.

Tabla 13. Evolución de la masa de *Quercus Pyrenaica* con índice de sitio 18, en la que se han realizado dos ciclos de corta.

Edad	Ho	Biomasa extraída					N
		N ac	Dg	AB	H	Biom. tot ac	
30	12,9	4.506	9,48	32,20	8,8	103,51	2,6
50	16,8	1.725	15,51	32,59	13,1	138,00	1,1
100	20,8	497	38,17	56,83	18,9	402,44	

Edad en años; Ho: Altura dominante en m; N: Número de pies; Dg: Diámetro cuadrático medio en cm; AB: Área basimétrica en m²; Todos los datos están expresados para la hectárea.

Tabla 14. Cuantificación en volumen (m³) y en peso de biomasa seca cada fracción extraída (toneladas) en los ciclos de corta.

Corta	N ext	Vcc	Biomasa extraída	
			Fuste*	R>7
1er Resalveo	2.681	-	11,73	
2º Resalveo	1.165	-	32,89	
Corta final	497	315,79	189,90	150,45
TOTAL		315,79	189,90	195,07

N ext: Número de árboles extraídos; Vcc: Volumen con corteza en m³/ha calculado mediante la fórmula de Martínez-Millán et al. (1998) calculada por diferencia entre fracción Fuste+R>7 (modelos) y fuste* (calculada); R2-7: Ramas con diámetro comprendido entre 7 y 2 cm.

Masas moderado-fuertes.							
Masa extraída				Masa principal después de la corta			
ext	Dg ext	AB ext	Biom. tot ext	N dc	Dg dc	AB dctv	Biom. tot dc
81	6,43	8,7	24,06	1.825	12,20	20,7	79,45
65	12,50	14,31	48,39	560	20,39	18,28	89,61
H: Altura media de la masa en m; Biom. tot: Biomasa total aérea de la masa en toneladas.							

Masas diferentes intervenciones.				
Biomasa extraída				
	R2-7	R>2 +hojas	B. total	B. raíz
	10,36	1,97	24,06	12,57
	11,84	3,65	48,39	30,11
	48,74	28,51	417,60	105,59
	70,94	34,13	490,04	148,27
3); Fuste: Biomasa del fuste calculada aplicando la densidad básica de la madera al volumen; R>7: Ramas con diámetro mayor de 7 cm; R<2: Ramas con diámetro menor que 2 cm, incluyendo las hojas; B. total: Biomasa total aérea; B. raíz: Biomasa radical.				

Aunque la intervención, expresada en número de pies, realizada en la primera corta es fuerte, se trata de pies de pequeño tamaño y, por tanto, la cantidad de biomasa extraída es escasa (9,0 kg totales biomasa/pie extraído). La cantidad total aprovechable es de 22,09 t/ha (se ha excluido la fracción fina que queda sin extraer). En el segundo resalveo, el peso medio de los pies extraídos aumenta (41,5 kg totales biomasa/pie extraído) y se obtienen cantidades algo más atractivas de biomasa en esta intervención, ascendiendo a 44,73 t/ha. En ambas cortas no se ha cuantificado el volumen, puesto que no es el destino habitual de la madera obtenida. Las cantidades que se obtienen en estos tratamientos parciales son consideradas rentables para su extracción, ya que se sitúan en la horquilla de 20-25 t/ha considerado mínimo (Tolosana, 2009).

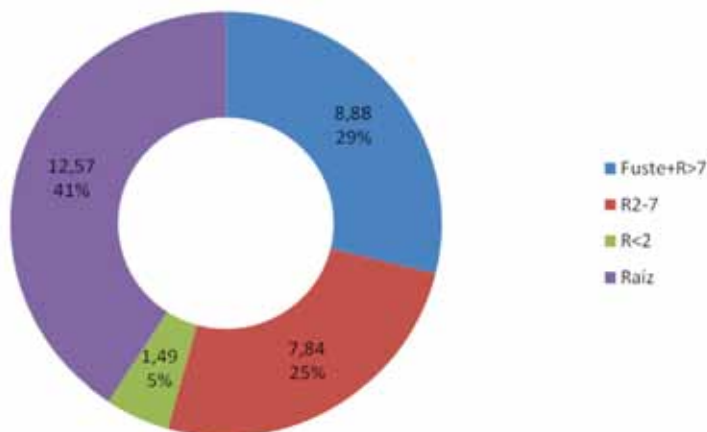
En cambio, en la corta final, el volumen por hectárea extraído es alto, siendo para el árbol medio de 0,635 m³/pie extraído, y la biomasa aprovechable total 199,19 t/ha, no cuantificándose las cantidades destinadas a madera (fuste).

La producción total de biomasa extraída alcanza 266,01 t/ha. Esta cantidad expresada en peso de biomasa total extraída en peso por hectárea y año 2,660 t/ha y año.

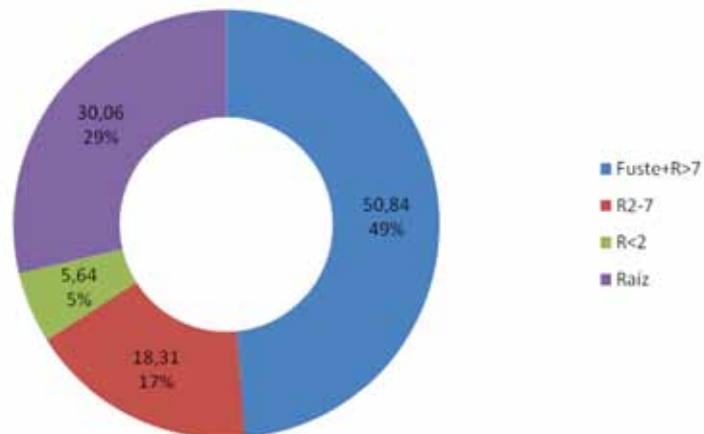
De forma gráfica, las extracciones cuantificadas en peso de biomasa seca se muestran en la figura 14.

1° resalveo. Biomasa (t materia seca/ha)

225



2° resalveo. Biomasa (t materia seca/ha)



Corta final. Biomasa (t materia seca/ha)

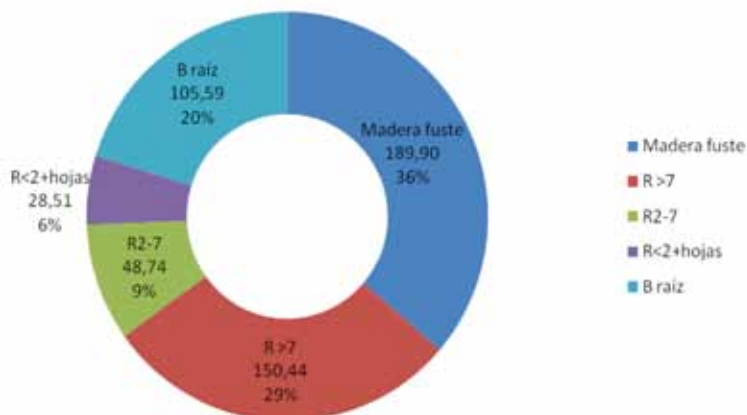


Fig. 14. Extracciones de biomasa en las intervenciones y corta final en rebollares a turno largo.

Como información complementaria, en la figura 15 se muestra la distribución diamétrica de los pies en la corta final. En esta distribución existen dos grupos diferenciados de pies, agrupados alrededor de las clases diamétricas 32,5 cm y 62,5 cm. Posiblemente, sean grupos de distinta edad que existían en esta masa (condiciones de partida). Dada la gran capacidad de brotación de esta especie puede que, por alguna alteración o intervención anterior a nuestro punto inicial, se produjera una brotación que no fue controlada, y posteriormente se han respetado y no se han cortado. Podría haberse considerado la eliminación de estos pies más viejos en la primera clara, para evitar su muerte y/o pudriciones en su madera si se espera a cubrir el turno. Así, se obtendría una cantidad de volumen de madera importante en esta primera clara.

Distribución diamétrica a los 100 años

227

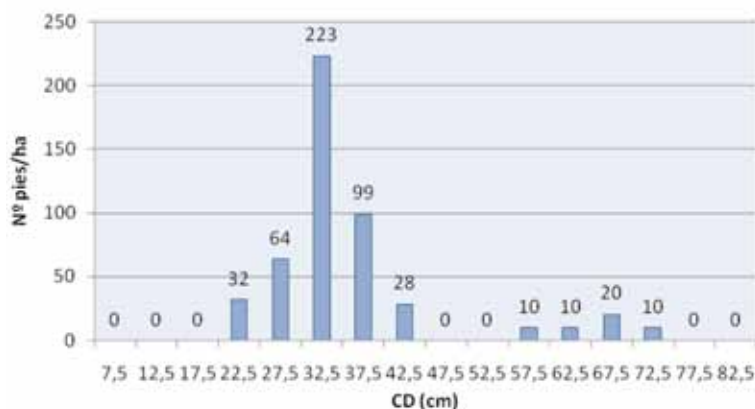


Fig. 15. Distribución diamétrica de los pies en la corta final de la masa de rebollo.

Rebollar a turno corto

La puesta en gestión de masas de rebollo en monte bajo regular, gestionados a turno corto, tendría gran importancia si el objetivo de producción de biomasa forestal para la producción de energía tuviera un apoyo fuerte y claro por las autoridades legislativas. Se trata de masas con un amplio potencial, puesto que existen un gran número de hectáreas, no sólo de esta especie sino también de quejigo (*Quercus faginea*) o encina (*Q. ilex*), susceptibles de ser manejadas con este fin.

En este caso, la alternativa ensayada para rebollares a turno corto se aplicará en una masa con índice de sitio 12 (13 m de altura a los 60 años) según el modelo propuesto por Adame et al. (2006)



Fig. 16. Vista de una masa de rebollo, susceptible de corta a turno corto.

En muchos de estos casos, la aplicación de cortas dejando un número de pies a la reserva supondría una mayor protección al suelo para evitar la erosión, disminuiría el impacto visual de las cortas y podría servir para obtener madera de mayores dimensiones si la industria la demandase, aparte de tener la posibilidad de una futura conversión a monte alto (Bravo Fernández et al., 2008)

Siguiendo a éste autor, en la determinación del turno para este tipo de masas se han de tener en cuenta el criterio de máxima renta en especie, el criterio tecnológico y el criterio biológico. La conjunción de todos ellos nos lleva a fijar un rango para el turno que se sitúa entre los 20 y los 30 años. Turnos menores no permiten la recuperación de las reservas de la cepa para brotar de manera viable tras el corte y turnos mayores en medios como el mediterráneo pueden ser peligrosos por el riesgo de incendio y la acumulación de biomasa.

En este tipo de masas no se aplican tratamientos parciales.

La tabla 15 presenta una simulación para una masa de rebollo a los 30 años, en la cual no se ha realizado ninguna intervención anterior:

Tabla 15. Masa de <i>Quercus Pyrenaica</i> a la edad del turno						
Edad	Ho	Masa principal				
		N	Dg	AB	H	Biom. tot
30	7,7	2.355	11,43	24,16	5,8	90,2
Edad en años; Ho:Altura dominante en m; N: Número de pies; Dg: Diámetro cuadrático medio en cm; AB: Área basimétrica en m²; H:Altura media de la masa en m; Biom. tot: Biomasa total aérea de la masa en toneladas. Todos los datos están expresados para la hectárea.						

La estimación del peso de materia seca a extraer en la corta final se muestra en la tabla 16 y de forma gráfica en la figura 16. También se presenta en la figura 17 la distribución diamétrica de los pies en la corta final, observándose que los pies tienen un tamaño medio pequeño.

Tabla 16. Peso de biomasa extraído (toneladas) en corta final, clasificado según su origen						
Corta	N ext	Fuste+R>7	R2-7	R<2+hojas	B. total	B. raíz
Corta final	2.355	55,27	27,48	7,43	90,18	37,96
N ext: Número de árboles extraídos; Fuste+R>7: Fuste + Ramas con diámetro mayor de 7 cm; R2-7: Ramas con diámetro comprendido entre 7 y 2 cm; R<2: Ramas con diámetro menor que 2 cm, incluyendo las hojas; B. total: Biomasa total aérea; B. raíz: Biomasa radical						

La cantidad de biomasa forestal que se podría extraer para la producción de energía en la corta final asciende a 82,75 toneladas por hectárea, sin extraer la fracción fina ni, por supuesto, los sistemas radicales. Esta cantidad expresada en producciones anuales nos daría un valor de 2,75 toneladas por hectárea y año.

Si se realiza la comparación con la alternativa anterior; se observa que el ciclo a turno corto es algo más productivo que a ciclo largo en valores absolutos, aunque hay que considerar que la alternativa anterior se sitúa sobre una mejor calidad de estación más alta (18) que esta simulación (12).

230

Corta final. Biomasa (t materia seca/ha)

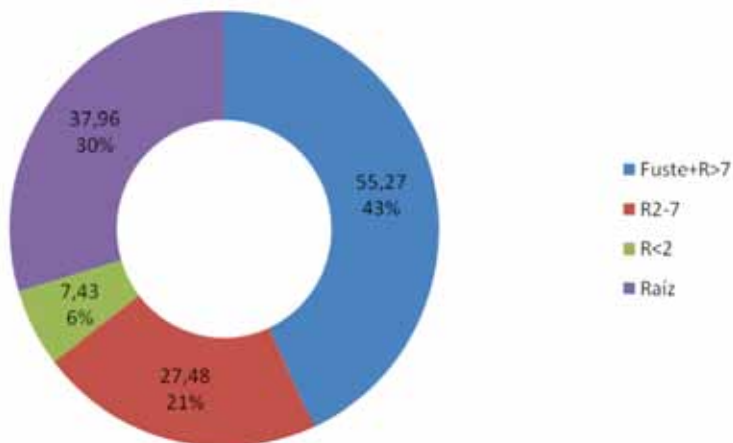


Fig. 17. Distribución en peso de biomasa de las fracciones para la corta final.

Distribución diamétrica a los 100 años

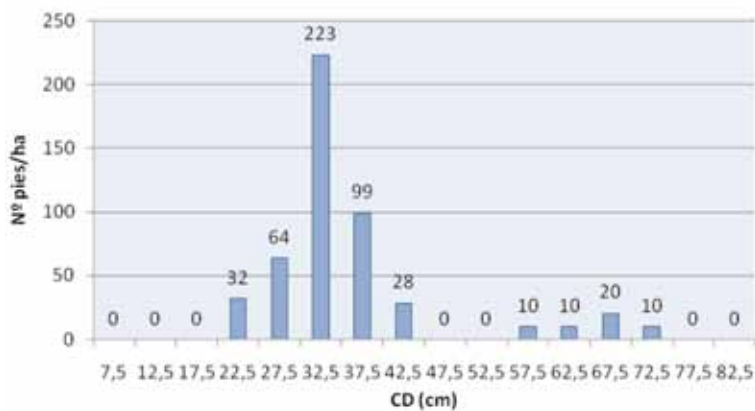


Fig. 16. Distribución diamétrica de los pies de rebollo en la corta final.

CONCLUSIONES

231

A partir de la información recopilada en este estudio, se ha cuantificado para distintas especies y diferentes calidades de estación, las cantidades de biomasa forestal que es posible obtener tanto en los tratamientos culturales (tratamientos selvícolas) como en las cortas finales o de regeneración, que pueden ser utilizadas en la producción de energía, sin perjuicio de las producciones maderables a obtener en cada caso particular:

- La utilización de biomasa forestal para la producción de energía no debe suponer una incidencia importante en otros posibles destinos de la madera (aserrío, tablero, etc.) puesto que existe suficiente cantidad de materia prima para ser utilizada por una u otra industria. En este estudio se ha realizado un desglose de las diferentes cantidades que podrían ser utilizadas por la industria de la madera (aserrío), por la industria de la trituración de la madera (tableros,...) y las cantidades que podrían utilizarse para la producción de energía, existiendo para todas ellas una cantidad de materia prima más o menos importante en función de la especie y calidad de estación consideradas.
- Como norma general, para las simulaciones y bajo las alternativas selvícolas propuestas, las producciones de biomasa que podrían tener un fin energético (fracciones de madera destinadas a trituración y fracciones de ramas y ramillas de diámetro mayor que 2 cm) son mayores en las masas de frondosas que en las masas de coníferas y dentro de éstas, los pinares de silvestre presentan mayores cantidades de biomasa aprovechable que los pinares de negral.
- La oportunidad de obtención de biomasa forestal en masas de frondosas en monte bajo y a turno corto, presenta importantes ventajas. En ellas, todo el producto procedente del aprovechamiento tendrá el mismo fin, aprovechamiento de biomasa, y será posible utilizar maquinaria y técnicas apropiadas.
- El aprovechamiento de biomasa forestal debe realizarse exclusivamente en aquellos sitios que no presenten graves problemas su ejecución, es decir, que

232

su idoneidad sea la adecuada. Con carácter general se realizará en pendientes menores del 35% para evitar pérdidas de suelo por erosión y no se debe realizar la extracción de la fracción de biomasa fina (ramillos de tamaño menor de 2 cm de diámetro y hojas o acículas, aparte del sistema radical) para garantizar el mantenimiento de la fertilidad de la estación y ayudar a la protección de la erosión del suelo durante y tras la corta.

PROPUESTAS

233

- Existe un gran número de hectáreas en España sobre las que se necesita actuar de forma selvícola, principalmente, repoblaciones de coníferas y masas de frondosas en monte bajo. En España, según datos de 2007, se extraen alrededor de 16 millones de metros cúbicos de madera, lo cual solamente representa el 30% (aprox.) del crecimiento anual.

- La apuesta por la utilización de biomasa forestal para la producción de energía renovable, supone una oportunidad para el sector forestal ya que permitirá la puesta en gestión de numerosas masas forestales en nuestro país, con el consiguiente beneficio ecológico: mejora de los montes en particular y del medio ambiente en general mediante la estimulación del crecimiento de las masas, la disminución del riesgo de incendios por disminución del combustible, la disminución del riesgo de ocurrencia de plagas y/o enfermedades con la eliminación de la vegetación sensible de ser atacada..., y económico: fortalecimiento de las empresas del sector forestal, mantenimiento de un tejido económico, fuente de empleo rural, etc.

- La inclusión de obtención de biomasa forestal con el fin específico de producción de energía eléctrica debe ser considerada en los proyectos de ordenación de masas forestales y en planes de aprovechamiento, en aquellos casos en que sea posible su utilización en función de las condiciones del medio. En muchos casos servirá para valorizar aquellos productos que cuentan con escasa o nula demanda en el mercado, pero que es necesario extraer de los montes, puesto que deben realizarse las operaciones selvícolas necesarias para el mantenimiento de la masa (clareos, claras y/o cortas de regeneración).

- Dentro del sector, la obtención de biomasa forestal con fines energéticos no debe ser considerada como un competidor por materia prima, sobre todo con el sector del tablero de madera. La necesaria puesta en gestión selvícola de un gran número de masas forestales llevará implícito un aumento de la cantidad de materia prima (madera y biomasa), que permitirá obtener cantidades suficientes de materia para el sector.

- La puesta en gestión de masas de monte bajo a turno corto con el objetivo prioritario de obtención de biomasa forestal para la producción de energía, sin menosprecio de las demás funciones que cumple la masa, necesita del apoyo por parte de los estamentos públicos. Esto es así, para garantizar un mercado de biomasa, en el cual exista suficiente demanda (centrales de producción, fábricas de pellets, etc.) para la potencial oferta existente.

BIBLIOGRAFÍA

235

- Adame P., Cañellas I., Roig S., Río M., 2006. Modelling dominant height growth and site index curves for rebollo oak (*Quercus Pyrenaica* Willd.). Ann. For. Sci. 63 (8), 929-940.
- Adame P., Hynynen J., Cañellas I., Río M., 2008. Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (*Quercus Pyrenaica* willd.) Coppices. For. Ecol. Manage. 255, 1011-1022.
- Adame P., Río M., Cañellas I., 2008. A mixed nonlinear height–diameter model for pyrenean oak (*Quercus Pyrenaica* willd.) For. Ecol. Manage. 256, 88-98.
- Bravo Fernández J.A., Roig S., Serrada R., 2008. Selvicultura de montes bajos y medios de *Quercus ilex* L., *Q. Pyrenaica* willd. Y q. Faginea lam. En: compendio de selvicultura aplicada en España, Serrada R., Montero G., Reque J. (Eds.), Inia-fundación conde del valle de Salazar, Madrid, pp. 657-744.
- Bravo-Oviedo A., Del Río M., Montero G., 2004. Site Index Curves And Growth Model For Mediterranean Maritime Pine (*Pinus Pinaster* Ait.) In Spain. For. Ecol. Manage. 201 (2-3), 187-197.
- Cadahía E., Fernández B., Poveda, P., Sanz M., 2008. Utilización de *Quercus Pyrenaica* willd. De Castilla y León en el envejecimiento de los vinos. Comparación con roble francés y americano. Monografías Inia: Serie Forestal Nº 18, 175 Pp.
- Cañadas N., Bravo F., Montero G. 2002. Modelización forestal a partir de los datos del inventario forestal nacional. En: el inventario forestal nacional: elemento clave para la gestión forestal sostenible, Bravo F., Río M., Del Peso C. (Eds.), Fundación General de la Universidad de Valladolid, pp. 133-148.

- Cañellas I., Del Río M., Roig S., Montero G. 2004. Growth response to thinning in *Quercus Pyrenaica* willd. Coppice stands in spanish central mountain. Ann. For. Sci. 61, 243-250.
- Carvalho J.P., Dos Santos J.S., Reimao D., Gallardo J.F., Alves P.C., Grosso-Silva J.M., Dos Santos T.M., Pinto M.A., Marques G., Martins L.M., Carvalheira M., Santos J., 2005. O Carvalho Negral. Programa Agro, Medida 8.1., Vila Real.
- Cesefor. 2009. Cubifor: Cubica Y Clasifica Productos. [Web en Línea]. Disponible desde Internet en <http://www.cesefor.com/cubifor/index.asp> [Acceso 15 de noviembre de 2009].
- Guindeo A., García L., Peraza F., Arriaga F., Kasner C., Medina G., Palacios P., Touza M. 1997. Especies de maderas para Carpintería, Construcción y Mobiliario. Tomo I., Aitim, 768 Pp.
- Lizaralde I., 2008. Dinámica de rodales y competencia en las masas de Pino silvestre (*Pinus Sylvestris* L.) y Pino negral (*Pinus Pinaster* Ait.) de los sistemas central e ibérico meridional. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- Martínez-Millán J., Ara Lázaro P., González-Doncel I., 1993. Ecuaciones alométricas de tres variables: estimación del volumen, crecimiento y porcentaje de corteza de las principales especies maderables españolas. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 2(2): 211-218.
- Montero G., Madrigal G., Ruiz-Peinado R., Bachiller A., 2004. Red de Parcelas Experimentales D Cífor-Inia. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 18: 229-236.
- Montero G., Río Gaztelurrutia M.D., Roig S., Rojo Alboreca A., 2008. Selvicultura de *Pinus Sylvestris* L. En: compendio de selvicultura aplicada en España, serrada r., Montero g., Reque j. (Eds.), Inia-Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, Pp. 503-534.
- Montero G., Ruiz-Peinado R., Muñoz M., 2005. Producción de Biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. Monografías inia: serie forestal

nº 13. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 270 P.

- Río M., López E., Montero G. 2006. Manual de gestión para masas procedentes de repoblación de *Pinus Pinaster* Ait., *Pinus Sylvestris* L. y *Pinus Nigra* Arn. En Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León, 102 Pp.
- Rodríguez F., Broto M., Lizarralde I. 2008. Cubifor: herramienta para cubicar, clasificar productos y calcular biomasa y CO₂ en masas forestales de castilla y león. Montes: revista de ámbito forestal nº 95, pp. 33-39.
- Rodríguez-Soalleiro R., Serrada R., Lucas J.A., Alejano R., Río M.D., Torres E., Cantero A., 2008. Selvicultura de *Pinus Pinaster* Ait. Subsp. *Mesogeensis* fieschi & gausson. En: compendio de selvicultura aplicada en españa, serrada r., Montero g., Reque j. (Eds.), Inia-fundación conde del valle de salazar; madrid, pp. 399-430.
- Rojo A., Montero G., 1996. El pino silvestre en la sierra de guadarrama. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, 293 Pp.
- Ruiz-Peinado R., Río M., Cañellas I., Vallejo R., Montero G. 2009. Nuevas ecuaciones para la estimación de Biomasa en el inventario forestal nacional: método de ajuste y aplicación a *Pinus Sylvestris* L. Actas del 5º congreso forestal español. Ávila, septiembre de 2009.
- Sánchez-Palomares O., Gandullo J.M., Roig S., Río M., Ruiz-Peinado R. 2006. Informe final del convenio entre el inia y la dirección general de biodiversidad (dgb) para la realización de trabajos en materia de investigación de tipificaciones ecológico-selvícolas: *Quercus Pyrenaica* willd., Documento no publicado, pp. 328.
- Serrada R., Montero G., Reque J. (Eds) 2008. Compendio De Selvicultura Aplicada En España, Inia-Fundación Conde Del Valle De Salazar, Madrid, 1178 Pp.
- Tolosana E. 2009. Manual Técnico para el Aprovechamiento y Elaboración de Biomasa Forestal, Fucovasa-Mundiprensa, Madrid, 348 Pp.

