



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y
MEDIO RURAL Y
MARINO

SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
SECRETARÍA GENERAL DEL MEDIO RURAL
Dirección General del Medio Natural y Política Forestal

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL Y DESERTIFICACIÓN
Área de Planificación y Ordenación Forestal

Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual

*Aprobada por la Comisión Estatal para el
Patrimonio Natural y la Biodiversidad en su
reunión del 22 de marzo de 2010*

Marzo 2010

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
1.1. Necesidad de la Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual	3
1.2. La biomasa considerada en el ámbito de esta Estrategia	4
1.3. Objetivos de la Estrategia.....	6
2. PRIMERA PARTE: ANALISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	8
2.1. Disponibilidad del recurso en España.....	8
2.2. Utilización actual del recurso.....	22
2.3. Aspectos Económicos, Ambientales y Sociales de la utilización del recurso	23
2.4. Barreras, fortalezas y oportunidades del uso de la biomasa forestal con fines energéticos.	40
2.5. Medidas actuales para impulsar la utilización energética de la biomasa forestal residual	42
2.6. Diagnóstico de la situación actual	46
3. SEGUNDA PARTE: LÍNEAS DIRECTRICES Y MEDIDAS	49
3.1. Líneas directrices.....	iError! Marcador no definido.
3.2. Medidas	49
4. TERCERA PARTE: APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA ESTRATEGIA DEL USO DE LA BIOMASA FORESTAL CON FINES ENERGÉTICOS	51
ANEJOS	53
Anejo 1. Aplicaciones energéticas de la biomasa forestal.....	53
Anejo 2. Metodología para la determinación de la biomasa forestal potencialmente disponible en España	59
Anejo 3. Metodología aplicada a la determinación de costes y resultados.....	73
Anejo 4. Estado actual de los instrumentos para el uso de la biomasa forestal	82

Índice de tablas

Tabla 1: Estimación de la biomasa forestal residual según estrato arbóreo	8
Tabla 2: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento actualmente existente. Resumen por provincia	9
Tabla 3: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento actualmente existente. Resumen por Comunidad Autónoma	11
Tabla 4: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento según el origen	12
Tabla 5: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento. Resumen por provincias y según origen	13
Tabla 6: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento. Resumen por Comunidad Autónoma y según origen	15
Tabla 7: Competencia por especies	18
Tabla 8: Disminución del recurso por CC.AA.	19
Tabla 9: Disponibilidad de biomasa forestal residual por provincias.	20
Tabla 10: Disponibilidad de biomasa forestal residual por Comunidad Autónoma	21
Tabla 11: Producción con Energía renovables en 2004 en términos de energía primaria para la biomasa. PER 2005-2010	22
Tabla 12: Objetivos de incremento de energía primaria en 2010. PER 2005-2010	23
Tabla 13: Costes de extracción del recurso por especie, intervención y pendiente	24
Tabla 14: Resumen competencia	25
Tabla 15: Costes ponderados por grupo de especies	28
Tabla 16: Clasificación centrales eléctricas	42
Tabla 17: Capacidad de compra de biomasa en centrales de generación	45

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Necesidad de la Estrategia Española para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual

La biomasa forestal reúne características que la convierten en un recurso energético competitivo en el mercado de las energías renovables. La generación de energía a través de la biomasa forestal abre la puerta al aprovechamiento sostenible de un recurso que hasta ahora era considerado un residuo no aprovechable o un subproducto.

La utilización de la biomasa forestal residual conlleva varios efectos positivos, siendo los principales la mejora de las condiciones de los montes en cuanto a los incendios forestales y la diversificación energética.

Para España, la diversificación de las fuentes de energía y la limitación, en lo posible, de la dependencia energética exterior, son elementos que aportan estabilidad a la economía nacional y contribuyen a reducir el déficit comercial de la balanza de pagos. Por otro lado, en un país azotado todos los veranos por devastadores incendios forestales, la eliminación de unos restos de alta combustibilidad, como son los residuos de los tratamientos selvícolas, va a contribuir efectivamente a la disminución del riesgo de incendios forestales.

Por otro lado el Plan de Energías Renovables contempla el aumento del consumo de biomasa para la generación de electricidad y otros usos térmicos, como una acción importante para lograr el objetivo de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010.

El aprovechamiento energético de la biomasa forestal juega un doble y positivo papel:

- Se trata de un combustible no fósil, neutro desde el punto de vista del ciclo del carbono (ciclo natural del carbono entra la tierra y el aire), por lo que las emisiones de CO_2 que se producen, al proceder de un carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico, no alteran el equilibrio de la concentración de carbono atmosférico, y por tanto no incrementan el efecto invernadero.
- Su uso reduce las emisiones globales de CO_2 siempre que sustituya a otros combustibles fósiles.

Además de lo señalado, el fomento de la biomasa forestal como recurso energético proporciona otra serie de ventajas:

- Genera un mayor valor a productos actualmente desechados (restos de podas, descopes, desbroces para cortafuegos, tratamientos selvícolas fitosanitarios), rentabilizando tareas y trabajos forestales importantes. Esto permitirá un

incremento de las labores selvícolas y una mejor gestión de los sistemas forestales.

- Mejora las condiciones de los montes en cuanto a los incendios forestales.
- Ayuda a la reforestación de zonas desarboladas, aumentando así la cantidad de CO₂ absorbida.
- Parte de las tierras deforestadas se podrían rehabilitar como cultivos forestales energéticos.
- El aprovechamiento de la biomasa forestal contribuye a la creación de empleo en el medio rural, beneficiando el desarrollo económico de las zonas tradicionalmente deprimidas.
- La biomasa tiene contenidos en azufre prácticamente nulo, generalmente inferior al 0,1%. Por este motivo, las emisiones de dióxido de azufre, que junto con las de óxidos de nitrógeno son las causantes de la lluvia ácida, son mínimas en los procesos de transformación de biomasa forestal en energía.
- El aumento de generación de energía a partir de residuos forestales contribuye a elevar la producción de energías renovables, lo que conlleva una menor dependencia de la importación de combustibles fósiles.

En el caso de los residuos procedentes de los montes, el problema principal está en la dispersión del residuo que encarece el precio, sin embargo este problema desaparece cuando se trata de los residuos de industrias forestales (Fuente: PER 2005-2010).

Adicionalmente, el aprovechamiento energético de la biomasa debe realizarse siempre dentro del marco de la gestión forestal sostenible.

La Disposición adicional cuarta de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y su modificación en la Ley 10/2006 de 28 de abril, señalaba textualmente: "*El Gobierno elaborará, en colaboración con las Comunidades Autónomas, una Estrategia para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual, de acuerdo con los objetivos indicados en el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España.*" Tal Disposición puede entenderse como el punto de partida en la elaboración de la Estrategia Nacional para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal.

Esta estrategia debe ser interpretada siempre como el marco flexible a partir del cual las Comunidades Autónomas elaboren sus propias estrategias para el fomento del uso de la biomasa forestal residual con fines energéticos.

1.2. La biomasa considerada en el ámbito de esta Estrategia

El término biomasa, en su acepción más amplia, incluye todo un conjunto de materias orgánicas que tienen su origen en un proceso biológico; a partir de la luz solar, la formación de biomasa vegetal se lleva a cabo mediante el proceso de fotosíntesis gracias al que se produce materia orgánica que posee un alto valor energético bajo la forma de energía química. La biomasa también se refiere a los procesos de reciente transformación de la materia orgánica, tanto si se producen de forma natural como artificial. El hecho de que se trate de una transformación reciente, excluye de este grupo a los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo o el gas natural, cuya formación tuvo lugar hace millones de años.

Para la definición y clasificación de la biomasa susceptible de valorización energética, se tendrá en cuenta lo dispuesto en el R.D 661/2007 de 25 de mayo por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, en concreto el Anexo II que define la biomasa y el biogás que se puede considerar en el régimen especial de generación eléctrica:

- Biomasa: fracción biodegradable de los productos subproductos y residuos procedentes de la agricultura (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.
- Productos incluidos en la definición de biomasa:
 - Residuos y subproductos de aprovechamientos forestales.
 - Residuos procedentes de instalaciones industriales del sector forestal.
 - Residuos de las actividades de jardinería.
 - Cultivos energéticos agrícolas y/o forestales.
 - Residuos de las actividades agrícolas.
 - Residuos procedentes de instalaciones industriales del sector agrícola.

En el ámbito de esta Estrategia para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual se definirá ésta como la biomasa residual producida durante la realización de cualquier tipo de tratamiento o aprovechamiento selvícola en masas forestales, sin considerar las ramas gruesas y los fustes o madera en rollo aprovechadas comercialmente.

En este contexto puede considerarse la biomasa forestal residual como la generada por los sistemas forestales, mediante una gestión forestal sostenible, en cualquiera de los siguientes casos:

- Tratamientos selvícolas sobre el vuelo aéreo:

- Tratamientos que no supongan la corta de árboles: podas, olivaciones (podas menos intensas que están orientadas a la formación de copas, normalmente en especies como el pino piñonero o el alcornoque) o trasmoches (cortar todas las ramas de un árbol, dejando solo el fuste).
- Tratamientos intermedios o de mejora: Se dividen en claras y clareos; la diferencia entre uno y otro es que los clareos se realizan sobre árboles de pequeñas dimensiones y sin obtener un rendimiento económico, y las claras se realizan sobre árboles de mayores dimensiones en las que ocasionalmente se obtienen rendimientos económicos. Los clareos se realizan generalmente sobre masas en el primer tercio de la edad de aprovechamiento del arbolado, mientras que las claras normalmente sobre masas que se encuentren entre el primer tercio y los dos tercios de la edad de aprovechamiento final del arbolado.
- Tratamientos finales o Corta final: actuaciones sobre masas forestales destinadas a ser cortadas para su aprovechamiento final y provocar la regeneración de la superficie, con un importante objetivo económico.
- Tratamientos selvícolas sobre el suelo no aéreo: engloban desbroces y descuajes sobre el matorral. Suponen un coste importante, motivo por el cual se llevan a cabo tan sólo de forma puntual (prevención de incendios forestales, como trabajos previos a repoblaciones forestales, etc.), además de cuestionarse su interés desde el punto de vista ecológico, de biodiversidad o de paisaje si se hacen de manera indiscriminada

No puede perderse de vista que la biomasa forestal residual considerada en el ámbito de esta Estrategia será aquella que mantenga la sostenibilidad de las masas forestales de donde se extraiga, para lo cual se deben considerar parámetros de gestión forestal sostenible en su aprovechamiento. En este contexto, se tendrán en cuenta las consideraciones ambientales, sociales y económicas de esta actuación sobre el monte para que mantenga su biodiversidad, productividad y capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial de cumplir, ahora y en el futuro, funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes a escala local, nacional y global, sin causar daño a otros ecosistemas. (Conferencia Ministerial Helsinki, 1993).

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos que la motivan esta Estrategia se debe disponer de un mecanismo que asegure la trazabilidad de la biomasa empleada.

1.3. Objetivos de la Estrategia

La implantación de un modelo energético sostenible, basado en el ahorro, la eficiencia y la diversificación de fuentes, requiere un impulso decidido al desarrollo de la biomasa forestal residual como energía renovable. En este sentido, la presente Estrategia está dirigida al fomento, con fines energéticos de la biomasa forestal residual.

Para ello se definirán las medidas, acciones e instrumentos necesarios para la utilización y valorización energética de la biomasa forestal residual procedente de aprovechamientos forestales para que pase de considerarse *residuo* a *recurso* y además se favorezcan los siguientes fines:

- Desarrollo rural: mejora de las condiciones de vida de las zonas rurales; posible yacimiento de empleo y creación de empresas ligadas al medio rural.
- Mejora de las condiciones de los montes de España frente al riesgo de incendios: disminución de la carga de combustibles, de maderas y leñas muertas sobre el suelo, mediante el desarrollo de tratamientos selvícolas hoy por hoy no rentables que favorecen el buen estado fitosanitario de las masas forestales.
- Contribución, al cumplimiento de los compromisos de España en la UE (Plan de Energías renovables de Europa) y el protocolo de Kyoto (reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera y reducción de la factura que España paga en la desfavorable balanza de pagos del mercado energético).

Los objetivos operativos que persigue la presente Estrategia son:

1. Establecer la disponibilidad actual y futura del recurso en el ámbito nacional.
2. Movilizar la biomasa forestal residual, impulsando su uso energético.
3. Definir los instrumentos normativos y financieros necesarios, ya sea mediante la adaptación de los existentes o a través de la creación en su caso de otros nuevos.
4. Facilitar el desarrollo de un mercado competitivo y sostenible y de una cadena de suministro de la biomasa forestal residual.
5. Aplicar el Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 (PER), promoviendo el uso de la biomasa forestal residual como fuente renovable de energía y limitando la dependencia energética exterior.
6. Definir la posibilidad de abastecimiento continuo de biomasa forestal residual.

2. PRIMERA PARTE: ANALISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Disponibilidad del recurso en España

Para el estudio de la disponibilidad se realiza el supuesto conservador de excluir las ramas gruesas y los fustes o madera en rollo aprovechables cuando tienen más de 7 cm. de diámetro en punta delgada. En ningún caso se excluye a cualquier otro efecto la aplicación de biomasa forestales independientemente de su diámetro

2.1.1. Existencias actuales

Las existencias actuales de biomasa forestal residual en España, se han calculado sobre una superficie forestal considerada de 7,9 millones de hectáreas¹, de acuerdo con los resultados de la metodología utilizada para la estimación de la disponibilidad anual de biomasa forestal residual (ver Anejo 2). Para estimar las existencias actuales se ha procedido de la siguiente manera:

1- Se determina la biomasa forestal residual por hectárea para los diferentes estratos arbóreos definidos por las especies forestales consideradas. Para ello se utiliza:

- Información del Inventario Forestal Nacional, en cuanto a distribución de superficies forestales por especie dominante (a nivel nacional)
- Información del trabajo "Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles" realizado por Gregorio Montero, Ricardo Ruíz-Peinado y Marta Muñoz (Monografías INIA: Serie Forestal; nº 13-2005; CIFOR-INIA y EGMASA Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria Alimentaria-Ministerio de Educación y Ciencia), en cuanto a datos nacionales, por especies forestales, de biomasa aérea de hojas y ramas.

Con estas informaciones se obtienen valores según estratos arbóreos. En la tabla siguiente se muestran estos, debiendo considerarse que, en el caso de masas de castaño (*C. sativa*), de alcornoque (*Q. suber*) y de otras especies, se ha tomado como valor el medio del resto de las especies.

Tabla 1: Estimación de la biomasa forestal residual según estrato arbóreo

Estrato arbóreo según especie dominante	Biomasa residual toneladas/ha
<i>Quercus robur</i>	58,1
<i>Quercus pyrenaica</i>	23,2

¹ Considerando que los terrenos forestales en España se acercan a la cifra de 27,5 millones de hectáreas, la superficie susceptible de aprovechamiento supone un porcentaje cercano al 29 %.

Estrato arbóreo según especie dominante	Biomasa residual toneladas/ha
<i>Quercus faginea</i>	26,1
<i>Quercus ilex</i>	54,1
<i>Quercus suber</i>	26,6
<i>Populus spp.</i>	19,3
<i>Eucalyptus spp.</i>	17,8
<i>Fagus sylvatica</i>	56,8
<i>Castanea sativa</i>	26,6
<i>Pinus sylvestris</i>	12,9
<i>Pinus pinea</i>	23
<i>Pinus nigra</i>	23,6
<i>Pinus halepensis</i>	10,1
<i>Pinus radiata</i>	11,7
<i>Pinus pinaster</i>	9,7
Otras especies	26,6

2- Del estudio de la posibilidad anual de biomasa forestal residual se establece la superficie potencialmente aprovechable según especies.

3- Con los valores determinados de biomasa forestal residual (en t/ha) según especie se calcula la biomasa total correspondiente a cada una de las superficies.

Procediendo de la manera descrita, se estima en más de 200 millones de toneladas la biomasa forestal residual actualmente existente en España, restringida a la zona de estudio considerada (superficie potencialmente aprovechable). Los datos por provincia y por Comunidad Autónoma se resumen en las siguientes tablas.

Tabla 2: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento actualmente existente. Resumen por provincia

Provincia	Biomasa forestal residual total existente (toneladas)
ÁLAVA	3.115.598
ALBACETE	3.744.143
ALICANTE	608.360
ALMERÍA	665.972
ASTURIAS	4.611.248
ÁVILA	2.044.447
BADAJOS	8.036.534
BALEARES	1.474.761
BARCELONA	6.365.639
BURGOS	6.776.177

Provincia	Biomasa forestal residual total existente (toneladas)
CÁCERES	7.358.341
CÁDIZ	3.252.732
CANTABRIA	2.262.123
CASTELLÓN DE LA PLANA	2.536.783
CIUDAD REAL	9.899.379
CÓRDOBA	4.663.146
CUENCA	8.831.083
GERONA	6.908.493
GRANADA	2.418.224
GUADALAJARA	8.913.528
GUIPÚZCOA	1.216.117
HUELVA	4.611.915
HUESCA	6.306.755
JAÉN	4.606.143
LA CORUÑA	3.197.668
LA RIOJA	2.385.477
LAS PALMAS	35.736
LEÓN	6.994.569
LÉRIDA	4.871.155
LUGO	6.490.100
MADRID	3.228.881
MÁLAGA	1.791.427
MURCIA	1.316.221
NAVARRA	9.382.329
ORENSE	4.999.148
PALENCIA	2.561.855
PONTEVEDRA	3.024.863
SALAMANCA	2.711.025
SANTA CRUZ DE TENERIFE	99.734
SEGOVIA	2.455.978
SEVILLA	2.581.836
SORIA	5.566.646
TARRAGONA	1.999.336
TERUEL	5.038.898
TOLEDO	4.808.311
VALENCIA	2.224.853
VALLADOLID	1.511.603
VIZCAYA	1.036.322
ZAMORA	4.380.718
ZARAGOZA	4.180.716
Total	200.103.041

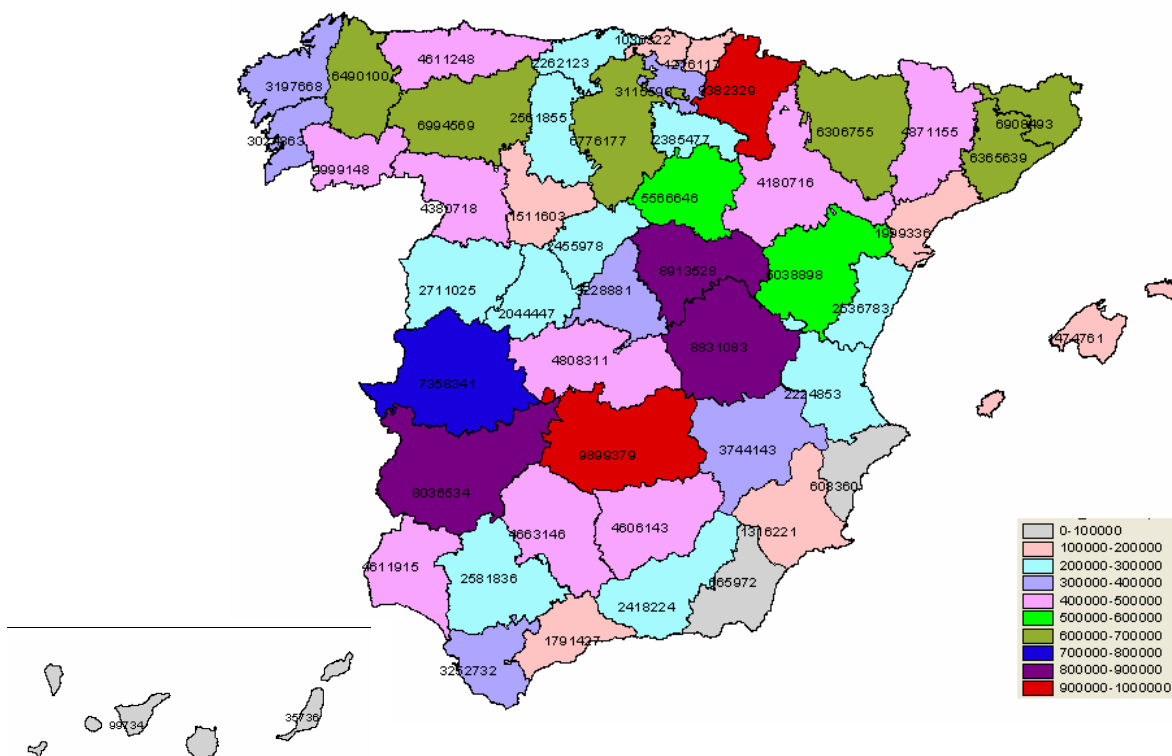
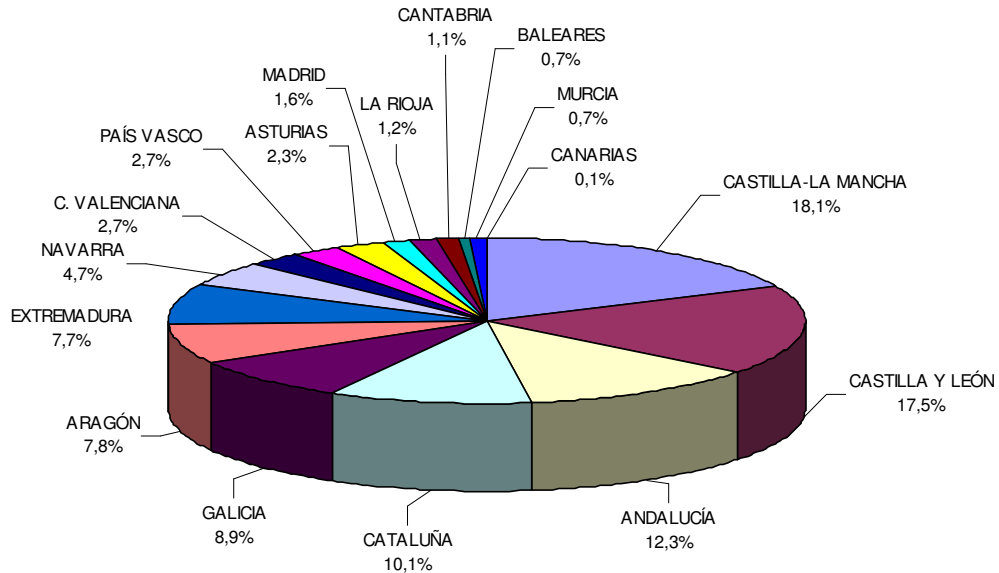


Tabla 3: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento actualmente existente. Resumen por Comunidad Autónoma

Comunidad Autónoma	Biomasa forestal residual total existente (toneladas)
CASTILLA-LA MANCHA	36.196.443
CASTILLA Y LEÓN	35.003.016
ANDALUCÍA	24.591.396
CATALUÑA	20.144.623
GALICIA	17.711.779
ARAGÓN	15.526.370
EXTREMADURA	15.394.875
NAVARRA	9.382.329
C. VALENCIANA	5.369.995
PAÍS VASCO	5.368.037
ASTURIAS	4.611.248
MADRID	3.228.881
LA RIOJA	2.385.477
CANTABRIA	2.262.123
BALEARES	1.474.761
MURCIA	1.316.221
CANARIAS	135.469
Total	200.103.041

**Biomasa forestal residual total existente
Distribución por Comunidad Autónoma**



2.1.2. Posibilidad anual de Biomasa Forestal Residual

La estimación de la disponibilidad anual de biomasa forestal residual en España (toneladas/año), se ha realizado según la metodología que puede consultarse en el Anejo 2.

Los resultados del estudio corresponden al susceptible aprovechamiento de la biomasa forestal residual sobre una superficie forestal total de alrededor de 7,9 millones de hectáreas (prácticamente el 97 % de esa superficie son, en mayor o menor medida, terrenos arbolados).

Del estudio se concluye que, en España, la biomasa forestal residual potencialmente disponible se acerca a los 6,6 millones de toneladas anuales (concretamente 6.578.469 t/año). Esta cantidad anual se desglosa, según el origen de la biomasa forestal residual, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento según el origen

Origen	Biomasa residual (t/año)	%
Arbolado	4.494.687	68,3
Matorral	2.083.781	31,7
Total	6.578.469	100,0

En la tabla siguiente se muestran los resultados por provincia (se incluyen las superficies potencialmente aprovechables sobre las que se ha realizado la cuantificación correspondiente).

Tabla 5: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento. Resumen por provincias y según origen

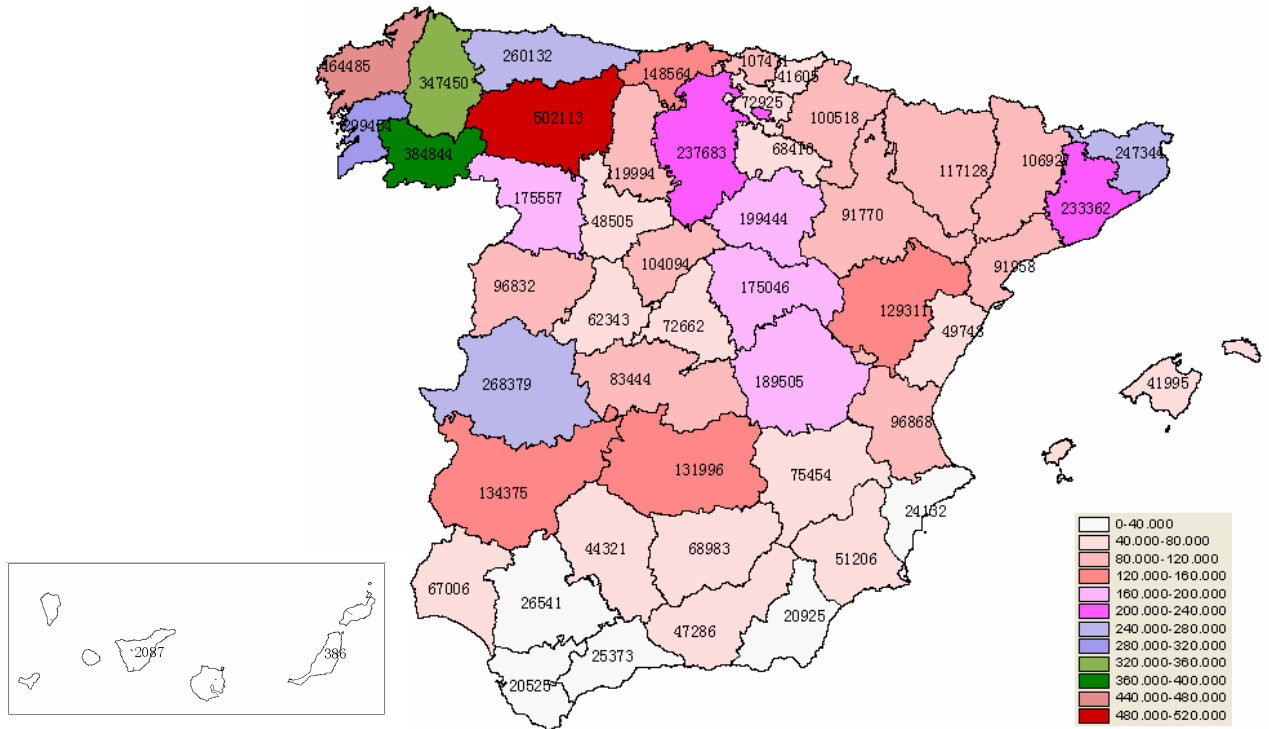
Provincia	Superficie aprovechable (ha)	Biomasa residual potencialmente aprovechable (toneladas/año)		
		Arbolado	Matorral	Total
ÁLAVA	108.418,8	70.904	2.021	72.925
ALBACETE	186.262,0	70.715	4.738	75.454
ALICANTE	55.282,8	23.022	1.110	24.132
ALMERÍA	44.328,8	20.925	0	20.925
ÁVILA	85.609,1	47.613	14.730	62.343
BADAJOS	195.820,1	66.693	67.683	134.375
BALEARES	91.691,2	41.995	0	41.995
BARCELONA	311.189,2	162.310	71.052	233.362
BURGOS	284.779,0	191.457	46.226	237.683
CÁCERES	239.627,8	81.176	187.203	268.379
CÁDIZ	114.220,1	20.184	341	20.525
CASTELLÓN DE LA PLANA	112.408,5	43.034	6.714	49.748
CIUDAD REAL	244.807,0	68.131	63.865	131.996
CÓRDOBA	117.694,4	38.757	5.563	44.321
LA CORUÑA	213.459,3	324.227	140.258	464.485
CUENCA	371.882,0	182.305	7.200	189.505
GERONA	233.934,1	103.815	143.529	247.344
GRANADA	97.096,0	47.212	74	47.286
GUADALAJARA	302.453,4	154.638	20.408	175.046
GUIPUZCOA	48.578,0	41.424	181	41.605
HUELVA	179.960,5	66.696	310	67.006
HUESCA	258.915,6	114.540	2.589	117.128
JAÉN	164.925,1	64.670	4.313	68.983
LEÓN	293.760,2	213.017	289.096	502.113
LÉRIDA	189.614,0	103.537	3.390	106.927
LA RIOJA	83.730,6	51.155	17.255	68.410
LUGO	240.667,4	195.728	151.722	347.450
MADRID	100.342,9	52.262	20.400	72.662
MÁLAGA	71.922,1	19.454	5.919	25.373
MURCIA	114.360,5	47.197	4.009	51.206
NAVARRA	253.906,1	93.310	7.208	100.518
ORENSE	224.622,2	129.688	255.156	384.844
ASTURIAS	197.826,5	131.525	128.607	260.132
PALENCIA	110.409,6	95.538	24.457	119.994
LAS PALMAS	1.788,5	386	0	386

Provincia	Superficie aprovechable (ha)	Biomasa residual potencialmente aprovechable (toneladas/año)		
		Arbolado	Matorral	Total
PONTEVEDRA	152.820,6	193.674	105.780	299.454
SALAMANCA	93.223,0	69.613	27.219	96.832
SANTA CRUZ DE TENERIFE	5.792,7	2.087	0	2.087
CANTABRIA	110.268,7	104.376	44.188	148.564
SEGOVIA	137.144,6	100.796	3.297	104.094
SEVILLA	67.745,3	17.705	8.835	26.541
SORIA	243.452,3	187.423	12.020	199.444
TARRAGONA	122.071,6	57.104	34.854	91.958
TERUEL	245.175,6	126.818	2.493	129.311
TOLEDO	121.429,3	44.927	38.518	83.444
VALENCIA	202.235,4	76.302	20.567	96.868
VALLADOLID	68.421,2	45.828	2.677	48.505
VIZCAYA	74.069,0	104.316	3.155	107.471
ZAMORA	148.948,2	99.705	75.851	175.557
ZARAGOZA	178.318,8	84.771	6.999	91.770
Total	7.917.409,4	4.494.687,4	2.083.781	6.578.468,8

En términos cuantitativos absolutos, las provincias de León, A Coruña y Orense son las de mayor potencial de disponibilidad de recurso con cifras que superan, en cada uno de los casos, las 350.000 t/año de biomasa forestal residual.

La ilustración siguiente muestra los resultados por provincia según intervalos de disponibilidad de biomasa residual.

Ilustración. Distribución provincial de la estimación de biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento según intervalos



La tabla siguiente muestra un resumen de los resultados por Comunidad Autónoma, pudiendo observarse la importancia que, en valores absolutos, tienen las comunidades de Castilla y León y Galicia.

Tabla 6: Estimación de la biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento. Resumen por Comunidad Autónoma y según origen

Comunidad Autónoma	Biomasa residual potencialmente aprovechable (toneladas/año)		
	Arbolado	Matorral	Total
ANDALUCÍA	295.605	25.356	320.960
ARAGÓN	326.129	12.080	338.209
ASTURIAS	131.525	128.607	260.132
BALEARES	41.995	0	41.995
C. VALENCIANA	142.358	28.391	170.748
CANARIAS	2.473	0	2.473
CANTABRIA	104.376	44.188	148.564
CASTILLA Y LEÓN	1.050.990	495.575	1.546.565
CASTILLA-LA MANCHA	520.716	134.730	655.446
CATALUÑA	426.766	252.825	679.592
EXTREMADURA	147.869	254.886	402.755

Comunidad Autónoma	Biomasa residual potencialmente aprovechable (toneladas/año)		
	Arbolado	Matorral	Total
GALICIA	843.317	652.916	1.496.232
LA RIOJA	51.155	17.255	68.410
MADRID	52.262	20.400	72.662
MURCIA	47.197	4.009	51.206
NAVARRA	93.310	7.208	100.518
PAÍS VASCO	216.645	5.357	222.001
Total	4.494.687	2.083.781	6.578.469

Considerando la superficie potencialmente aprovechable, la posibilidad anual de biomasa residual por hectárea en España se cifra en 0,83 toneladas. A nivel provincial, es interesante señalar la variación existente en este valor; así, mientras que en la provincia de La Coruña la posibilidad se acerca a 2,17 t/año/ha, en Las Palmas apenas alcanza el valor de 0,16 t/año/ha.

2.1.3. Competencia de la utilización del recurso con otros usos no energéticos

2.1.3.1. Consideraciones previas

Si consideramos los diferentes usos y aprovechamientos del monte, existen, actualmente, algunas actividades que podrían entrar en competencia con el uso energético de la biomasa forestal residual. Al considerar este aspecto se mantiene el criterio de que la utilización de leñas para consumo en el hogar, no deja de ser un uso de la biomasa forestal con fines energéticos, por lo que no se considera una actividad competidora que pueda restar disponibilidad del recurso definido como Biomasa forestal residual, ya que, de todas formas, las ramas y ramillas de menos de 7 cm. de grosor no se utilizan como leñas.

El recurso que se pretende valorizar energéticamente, a través de esta estrategia, es el residuo de los diferentes aprovechamientos forestales que deben realizarse en el monte en el marco de una gestión forestal sostenible, por lo que actualmente no es de suponer que exista competencia para su uso, todo lo contrario, muchas veces este residuo permanece en el monte sin ningún tipo de tratamiento siendo difícil de eliminar o de tratar para reducir riesgos de incendios, por lo que su aprovechamiento, lejos de ser una competencia para otros sectores, será muy bienvenido por los actuales gestores forestales, que podrán obtener una nueva fuente de ingresos procedente de algo que hasta ahora era una molestia y una fuente de costes.

Los sectores que en principio podrían presentar una competencia parcial con el uso energético de la biomasa forestal residual serían:

- La industria de fabricantes de tableros (de partículas y de fibras) que utiliza ramas gruesas y fustes de más de 5cm de diámetro en punta delgada y;
- La industria de la celulosa y la pasta de papel.

El mercado de la pasta de celulosa para la fabricación de papel en España se nutre del reciclaje y de la madera en rollo procedente íntegramente de plantaciones forestales de crecimiento rápido de eucalipto y pino. Por tanto, no existe competencia entre el sector de la celulosa y el uso energético de restos de biomasa forestal residual.

2.1.3.2. Competencias entre la fabricación de tableros y el aprovechamiento energético de la biomasa forestal residual

La industria de fabricación de tableros utiliza como materia prima para la obtención de tableros de partículas y de fibras: madera en rollo de coníferas y frondosas, madera reciclada de palets, embalajes y demoliciones, y subproductos procedentes de las industrias forestales de 1ª y 2ª transformación. El consumo total de madera en rollo supone un 42,2 % de la cantidad total de materias primas utilizadas, siendo el residuo más utilizado el procedente de la industria forestal, que supone un 40,1 % del total. (Datos de la Asociación Nacional de Fabricantes de tableros-ANFTA; 2006).

La madera en rollo utilizada por la industria del tablero se compone de los fustes y las ramas gruesas aptas para el descortezado y la trituración en astillas del tamaño adecuado. En esta industria se considera que es aprovechable comercialmente cualquier rama o fuste mayor de 5 cm. en punta delgada. Por lo tanto, para el aprovechamiento de la biomasa forestal residual se produce un pequeño solape entre las ramas y fustes de diámetro medio comprendido entre 5 y 7 cm. Este solape se da únicamente con la industria del tablero, que representa alrededor de un 20% del mercado total de madera en España. El resto del mercado es principalmente las industrias del aserrado y desenrollo que solo aprovechan los fustes con más de 7 cm en punta delgada.

Para estimar el porcentaje de competencia en la fracción entre 5 y 7 cm, entre la industria del tablero y la valorización energética de la biomasa forestal residual, se tendrán en cuenta los resultados del estudio "*Producción de Biomasa y Fijación de CO₂ por los Bosques Españoles*", Gregorio Montero, Ricardo Ruiz-Peinado y Marta Muñoz, Monografías INIA, serie forestal. Para hacer esta estimación se considera conservadoramente, que la fracción entre 5 y 7 cm es la mitad de la fracción entre 2 y 7 cm del citado estudio. Sabiendo cual es el porcentaje que representa la fracción entre 5 y 7 cm sobre el total de biomasa forestal residual para cada especie y cual es el porcentaje de aprovechamiento de la industria del tablero por grupos de especies, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 7: Competencia por especies

Especie	% s/ms Ramas < 2	% s/ms Ramas 2-7	% s/ms Ramas 5-7	% s/bfr Ramas 5-7	% s/bfr sector tablero
<i>Castanea sativa</i>	20,4	19,8	9,9	24,63	4
<i>Eucalyptus globulus</i>	7,7	4,2	2,1	17,65	3
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	7,7	4,2	2,1	17,65	3
<i>Eucalyptus nitens</i>	7,7	4,2	2,1	17,65	3
<i>Fagus sylvatica</i>	8,8	12,1	6,05	28,95	4
<i>Quercus robur</i>	7,3	12,8	6,4	31,84	5
<i>Quercus faginea</i>	12,7	14,5	7,25	26,65	4
<i>Quercus ilex</i>	16,6	18,6	9,3	26,42	4
<i>Quercus petraea</i>	7,3	12,8	6,4	31,84	5
<i>Quercus pubescens</i>	16,6	18,6	9,3	26,42	4
<i>Quercus canariensis</i>	5	13,4	6,7	36,41	5
<i>Quercus pyrenaica</i>	5,9	15,6	7,8	36,28	5
<i>Quercus suber</i>	4,9	13,6	6,8	36,76	5
<i>Populus alba</i>	12	9,1	4,55	21,56	3
<i>Populus nigra</i>	12	9,1	4,55	21,56	3
<i>Populus tremula</i>	12	9,1	4,55	21,56	3
<i>Populus x canadensis</i>	12	9,1	4,55	21,56	3
<i>Pinus halepensis</i>	27,8	11	5,5	14,18	3
<i>Pinus sylvestris</i>	16,5	9	4,5	17,65	4
<i>Pinus uncinata</i>	9,7	9	4,5	24,06	6
<i>Pinus nigra</i>	19,8	9,9	4,95	16,67	4
<i>Pinus pinaster</i>	14	5,3	2,65	13,73	3
<i>Pinus pinea</i>	22,4	13,5	6,75	18,80	5
<i>Pinus radiata</i>	7	7,4	3,7	25,69	6

Donde:

s/ms Ramas<2cm es el porcentaje sobre el total del árbol de todas las ramas, ramillas que tienen menos de 2 cm de diámetro más las hojas.

s/ms Ramas 2-7 es el porcentaje sobre el total del árbol de todas las ramas que tienen su diámetro comprendido entre 2 y 7 cm.

s/ms Ramas 5-7 es el porcentaje sobre el total del árbol de todas las ramas que tienen su diámetro comprendido entre 5 y 7 cm, se estima que este valor es la mitad del anterior.

s/bfr Ramas 5-7 es el porcentaje que representan las ramas donde existe competencia sobre el total de la Biomasa Forestal residual por especie.

s/bfr sector tablero es el porcentaje que representa la competencia del sector del tablero sobre el total de biomasa forestal residual para cada especie.

Considerando lo anteriormente expuesto, se concluye que los datos de disponibilidad de biomasa forestal residual obtenidos en el capítulo de "Disponibilidad Potencial del Recurso", podrían verse afectados en un 5% como máximo por la competencia de la industria del tablero, lo cual implicaría una disminución del recurso disponible que rondaría las 330.000 t/año en toda España, concentrándose, principalmente en las zonas con presencia de fábricas de tablero, según lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 8: Disminución del recurso por CC.AA.

Comunidad Autónoma	N. fábricas tablero	% s/total	Disminución recurso (t/año)
ANDALUCÍA	1	4,6	15.180
ARAGÓN	1	4,6	15.180
ASTURIAS	0	0	50.000
BALEARES	0	0	0
C. VALENCIANA	1	4,6	15.180
CANARIAS	0	0	0
CANTABRIA	0	0	25.000
CASTILLA Y LEÓN	4	18	49.400
CASTILLA-LA MANCHA	2	9	29.700
CATALUÑA	1	4,6	15.180
EXTREMADURA	0	0	0
GALICIA	11	50	90.000
LA RIOJA	0	0	10.000
MADRID	0	0	0
MURCIA	0	0	0
NAVARRA	0	0	7.590
PAÍS VASCO	1	4,6	7.590
Total	22	100	330.000

Se ha considerado que las 11 fábricas de Galicia consumen también recursos de Asturias y Cantabria, que la fábrica situada en el País Vasco, también consume recursos de Navarra, y que las cuatro plantas situadas en Castilla y León, también consumirían recursos de La Rioja.

2.1.4. Disponibilidad de Biomasa forestal residual

Teniendo en cuenta la información sobre existencias y disponibilidad de biomasa forestal residual, reflejada en los anteriores capítulos, podemos concluir:

- Que en la superficie forestal considerada (ver Anejo 2) existen actualmente del orden de 200 millones de toneladas de biomasa forestal residual susceptible de aprovechamiento;

- Que la disponibilidad anual de biomasa forestal residual se sitúa en torno a los 6,5 millones de toneladas anuales, sin considerar la competencia con otros usos.
- Que la única competencia sería identificada, es el consumo de madera virgen por parte de la industria del tablero, que reduce la disponibilidad anual de biomasa forestal residual en 330.000 toneladas.
- Que la disponibilidad anual potencial de biomasa forestal residual para su valorización energética, por provincias, teniendo en cuenta la competencia por CC.AA y haciendo un reparto de la misma por las provincias que se estiman más afectadas, es la reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 9: Disponibilidad de biomasa forestal residual por provincias.

Provincia	Superficie aprovechable (ha)	Biomasa forestal residual disponible (toneladas/año)		
		Potencial	Competencia	Disponible
ÁLAVA	108.418,8	72.925	1.590	71.335
ALBACETE	186.262,0	75.454	0	75.454
ALICANTE	55.282,8	24.132	0	24.132
ALMERÍA	44.328,8	20.925	0	20.925
ÁVILA	85.609,1	62.343	0	62.343
BADAJOS	195.820,1	134.375	0	134.375
BALEARES	91.691,2	41.995	0	41.995
BARCELONA	311.189,2	233.362	7.590	225.772
BURGOS	284.779,0	237.683	30.000	207.683
CÁCERES	239.627,8	268.379	0	268.379
CÁDIZ	114.220,1	20.525	3.000	17.525
CASTELLÓN DE LA PLANA	112.408,5	49.748	0	49.748
CIUDAD REAL	244.807,0	131.996	7.425	124.571
CÓRDOBA	117.694,4	44.321	0	44.321
LA CORUÑA	213.459,3	464.485	22.500	441.985
CUENCA	371.882,0	189.505	7.425	182.080
GERONA	233.934,1	247.344	7.590	239.754
GRANADA	97.096,0	47.286	0	47.286
GUADALAJARA	302.453,4	175.046	7.425	167.621
GUIPUZCOA	48.578,0	41.605	1.000	40.605
HUELVA	179.960,5	67.006	9.180	57.826
HUESCA	258.915,6	117.128	0	117.128
JAÉN	164.925,1	68.983	0	68.983
LEÓN	293.760,2	502.113	0	502.113
LÉRIDA	189.614,0	106.927	0	106.927
LA RIOJA	83.730,6	68.410	10.000	58.410
LUGO	240.667,4	347.450	22.500	324.950
MADRID	100.342,9	72.662	0	72.662

Provincia	Superficie aprovechable (ha)	Biomasa forestal residual disponible (toneladas/año)		
		Potencial	Competencia	Disponible
MÁLAGA	71.922,1	25.373	0	25.373
MURCIA	114.360,5	51.206	0	51.206
NAVARRA	253.906,1	100.518	7.590	92.928
ORENSE	224.622,2	384.844	22.500	362.344
ASTURIAS	197.826,5	260.132	50.000	210.132
PALENCIA	110.409,6	119.994	0	119.994
LAS PALMAS	1.788,5	386	0	386
PONTEVEDRA	152.820,6	299.454	22.500	276.954
SALAMANCA	93.223,0	96.832	0	96.832
SANTA CRUZ DE TENERIFE	5.792,7	2.087	0	2.087
CANTABRIA	110.268,7	148.564	25.000	123.564
SEGOVIA	137.144,6	104.094	5.000	99.094
SEVILLA	67.745,3	26.541	3.000	23.541
SORIA	243.452,3	199.444	10.000	189.444
TARRAGONA	122.071,6	91.958	0	91.958
TERUEL	245.175,6	129.311	15.180	114.131
TOLEDO	121.429,3	83.444	7.425	76.019
VALENCIA	202.235,4	96.868	15.180	81.688
VALLADOLID	68.421,2	48.505	0	48.505
VIZCAYA	74.069,0	107.471	5.000	102.471
ZAMORA	148.948,2	175.557	4.400	171.157
ZARAGOZA	178.318,8	91.770	0	91.770
Total	7.917.409,7	6.578.466	330.000	6.248.466

Tabla 10: Disponibilidad de biomasa forestal residual por Comunidad Autónoma

Comunidad Autónoma	Superficie aprovechable (ha)	Biomasa forestal residual disponible (toneladas/año)		
		Potencial	Competencia	Disponible
GALICIA	831.570	1.496.233	90.000	1.406.233
CASTILLA Y LEÓN	1.222.295	1.347.121	39.400	1.307.721
CATALUÑA	1.100.261	879.035	25.180	853.855
CASTILLA-LA MANCHA	1.226.834	655.445	29.700	625.745
EXTREMADURA	435.448	402.754	0	402.754
ARAGÓN	682.410	338.209	15.180	323.029
ANDALUCÍA	857.892	320.960	15.180	305.780
PAÍS VASCO	231.066	222.001	7.590	214.411
ASTURIAS	197.827	260.132	50.000	210.132
C. VALENCIANA	369.927	170.748	15.180	155.568
CANTABRIA	110.269	148.564	25.000	123.564
NAVARRA	253.906	100.518	7.590	92.928

Comunidad Autónoma	Superficie aprovechable (ha)	Biomasa forestal residual disponible (toneladas/año)		
		Potencial	Competencia	Disponible
MADRID	100.343	72.662	0	72.662
LA RIOJA	83.731	68.410	10.000	58.410
MURCIA	114.361	51.206	0	51.206
BALEARES	91.691	41.995	0	41.995
CANARIAS	7.581	2.473	0	2.473
Total	7.917.410	6.578.466	330.000	6.248.466

2.2. Utilización actual del recurso

El Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 (PER) refleja la cantidad de biomasa utilizada históricamente y los objetivos de consumo de la misma hasta 2010. Se trata de alcanzar el compromiso de cubrir con fuente renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010, así como de incorporar los otros dos objetivos indicativos - 29,4% de generación eléctrica con renovables y 5,75% de biocarburantes en transporte para ese año - adoptados con posterioridad al anterior plan.

La producción con biomasa en 2004 que refleja el PER es la siguiente:

Tabla 11: Producción con Energía renovables en 2004 en términos de energía primaria para la biomasa. PER 2005-2010

	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción en términos de energía primaria (Ktep)
Generación electricidad	344	2193	680
Uso térmico			3.487
TOTAL biomasa			4.167

Esta biomasa procede principalmente de residuos de la industria de primera y segunda transformación, para la cogeneración en las propias fábricas que la generan y del uso de leñas en la pequeña industria rural. Teniendo en cuenta un Poder calorífico inferior medio para estos combustibles, podemos estimar que la cantidad de biomasa utilizada en 2004 rondaba los 14 millones de toneladas.

El objetivo de crecimiento de la biomasa destinada a la generación de electricidad, en el periodo 2005-2010, se sitúa en 1.695 MW, que en términos de energía primaria corresponde a 4.458 Ktep, considerando que se pondrá en marcha un programa de co-combustión, que se incrementará la prima a la electricidad generada con biomasa y que entre en funcionamiento la Comisión Interministerial de la Biomasa. Por lo que respecta a la biomasa térmica, el objetivo de incremento hasta 2010, asciende a 583 Ktep. En el

siguiente cuadro podemos observar lo que representa la biomasa en comparación con el objetivo global del PER para 2010, representando ésta un 48,1% sobre el total del objetivo de incremento del PER.

Tabla 12: Objetivos de incremento de energía primaria en 2010. PER 2005-2010

Área Eléctricas	
	ktep
Centrales de biomasa	2.905
Co-combustión	1.553
Total Área eléctricas	7.602
Área Térmicas	
	ktep
Biomasa térmica	583
Total Área Térmicas	907
Total Energías Renovables	10.481

Como se señala en el PER, las aplicaciones tradicionales de la biomasa para usos térmicos constituyen en nuestro país una utilización secular de esta energía, mientras que las ligadas a la producción de electricidad se han desarrollado, básicamente en las dos últimas décadas. Sin embargo, la biomasa ha experimentado unos desarrollos inferiores a los fijados, ya que persisten importantes barreras a su uso a las que se pretende dar respuesta. Considerando un poder calorífico inferior medio de la biomasa, el crecimiento de energía primaria objetivo del PER se tendría que cubrir con el aumento del consumo de biomasa en unos 17 millones de toneladas.

Las aplicaciones tradicionales de la biomasa para uso térmico están relacionadas con el uso de leñas en entornos rurales para generación de calor para diferentes usos domésticos y de pequeña industria. Esta biomasa es biomasa forestal pero no la Biomasa forestal residual que se considera en esta Estrategia. Otro tipo de usos, como las calderas de biomasa instaladas en Cuellar y Las Navas del Marqués, así como los pequeños generadores de electricidad y la cogeneración, están utilizando principalmente residuos de la industria forestal de primera y segunda transformación, así como residuos agrícolas, siendo la biomasa forestal hasta ahora poco utilizada. Todos estos usos no suponen un consumo estable de biomasa que pueda dar lugar al nacimiento de un mercado consolidado que de confianza para el establecimiento de las empresas necesarias para el almacenamiento y la preparación de la biomasa forestal residual.

2.3. Aspectos Económicos, Ambientales y Sociales de la utilización del recurso

2.3.1. Aspectos económicos

De acuerdo a la metodología reflejada en el Anejo 4, se han obtenido los costes de aprovechamiento de la biomasa forestal residual para una tonelada puesta en fábrica y preparada para su consumo. En la siguiente tabla se presentan estos costes por especies para diferentes intervenciones y diferentes pendientes.

Tabla 13: Costes de extracción del recurso por especie, intervención y pendiente

ESPECIE	INTERVENCIÓN	COSTE TOTAL (€/t)		
		0-12,5%	12,5-25%	25-35%
<i>Pinus sylvestris</i> <i>Pinus uncinata</i> <i>Pinus nigra</i>	Clareo	75,33	75,61	98,63
	1ª clara	39,32	39,61	63,52
	2ª clara	38,05	38,21	58,46
	aclareo	37,55	37,67	54,94
	corta final	37,55	37,67	54,94
	Coste ponderado	42,22	42,38	61,66
<i>Pinus pinea</i> <i>Pinus halepensis</i>	entresaca	40,42	40,82	73,83
<i>Pinus pinaster</i> (Centro)	clareo	75,53	75,81	98,96
	1ª clara	40,62	41,04	75,7
	2ª clara	38,88	39,13	59,41
	1º aclareo	38,59	38,81	65,87
	2º aclareo	38,59	38,81	65,87
	Coste ponderado	45,75	46,01	71,85
<i>Pinus pinaster</i> (Norte)	clareo	129,38	130,05	150,76
	1ª clara	37,87	38,01	56,01
	corta final	37,7	37,82	57,3
	Coste ponderado	46,2	46,38	65,34
<i>Pinus radiata</i> (insignis)	clareo	67,73	67,95	95,98
	1ª clara	41,82	42,36	59,16
	2ª clara	38,75	38,99	68,08
	corta final	37,52	37,63	54,47
	Coste ponderado	45,02	45,23	67,25
<i>Quercus petraea</i> <i>Quercus robur</i>	clareo	100,21	100,67	114,88
	1ª clara	44,73	45,56	71,41
	2ª clara	43,34	44,04	65,57
	1º aclareo	43,34	44,04	65,57
	2º aclareo	43,34	44,04	65,57
	Coste ponderado	59,67	60,32	80,45
<i>Quercus pyrenaica</i>	resalveo	36,99	37,04	49,18
<i>Quercus pubescens</i> <i>Quercus canariensis</i>	resalveo	36,99	37,04	49,18

ESPECIE	INTERVENCIÓN	COSTE TOTAL (€/t)		
		0-12,5%	12,5-25%	25-35%
<i>Quercus faginea</i>	resalveo	38,39	38,59	63,15
<i>Quercus ilex</i>		37,49	37,6	46,37
<i>Quercus suber</i>	poda	43,02	43,68	64,19
<i>Populus spp</i>	Poda	42,27	42,85	61,02
	Corta final	37,24	37,32	52,55
	Coste ponderado	37,85	38,83	53,58
<i>Eucalyptus spp (Norte)</i>	corta final	36,95	37,01	48,41
<i>Eucalyptus spp (Sur)</i>	corta final	42,91	43,56	63,75
<i>Fagus sylvatica</i>	clareo	87,04	87,4	117,35
	1ª clara	43	43,66	64,14
	2ª clara	41,9	42,45	59,5
	1º aclareo	41,9	42,45	59,5
	2º aclareo	41,9	42,45	59,5
	Coste ponderado	54,85	55,36	76,59
<i>Castanea sativa</i>	Corta final	39,12	39,38	61,6

El primer aspecto a considerar es la influencia de los costes reflejados en la tabla anterior sobre la competencia por el uso de la biomasa forestal residual con la industria del tablero. El precio pagado en planta por los fabricantes de tableros podría alcanzar cifras en el entorno de los 37,5 €/tonelada, en condiciones normales de fabricación, coste que incluye el transporte a planta, pero no incluye el coste del triturado, estimado en 5,87 €/t (ver Anejo 3). Para estimar la influencia del aprovechamiento de la biomasa forestal residual sobre la industria del tablero tomaremos como precio de la biomasa puesta en fábrica para esta industria: $37,5+5,87=43,37$ €/t. Comparando este valor con los costes de la tabla anterior vemos que solo el uso de restos de clareos y los restos de cualquier aprovechamiento en pendientes mayores del 25% no entrarían en competencia con la biomasa potencialmente utilizable en el sector del tablero, ya que en estos casos los costes de la extracción del recurso son superiores al valor de referencia.

En la siguiente tabla se ofrece, de forma resumida, una enumeración de los casos en los que el sector energético se podría llevar los restos forestales y la fracción aprovechable comercialmente de los distintos aprovechamientos realizados.

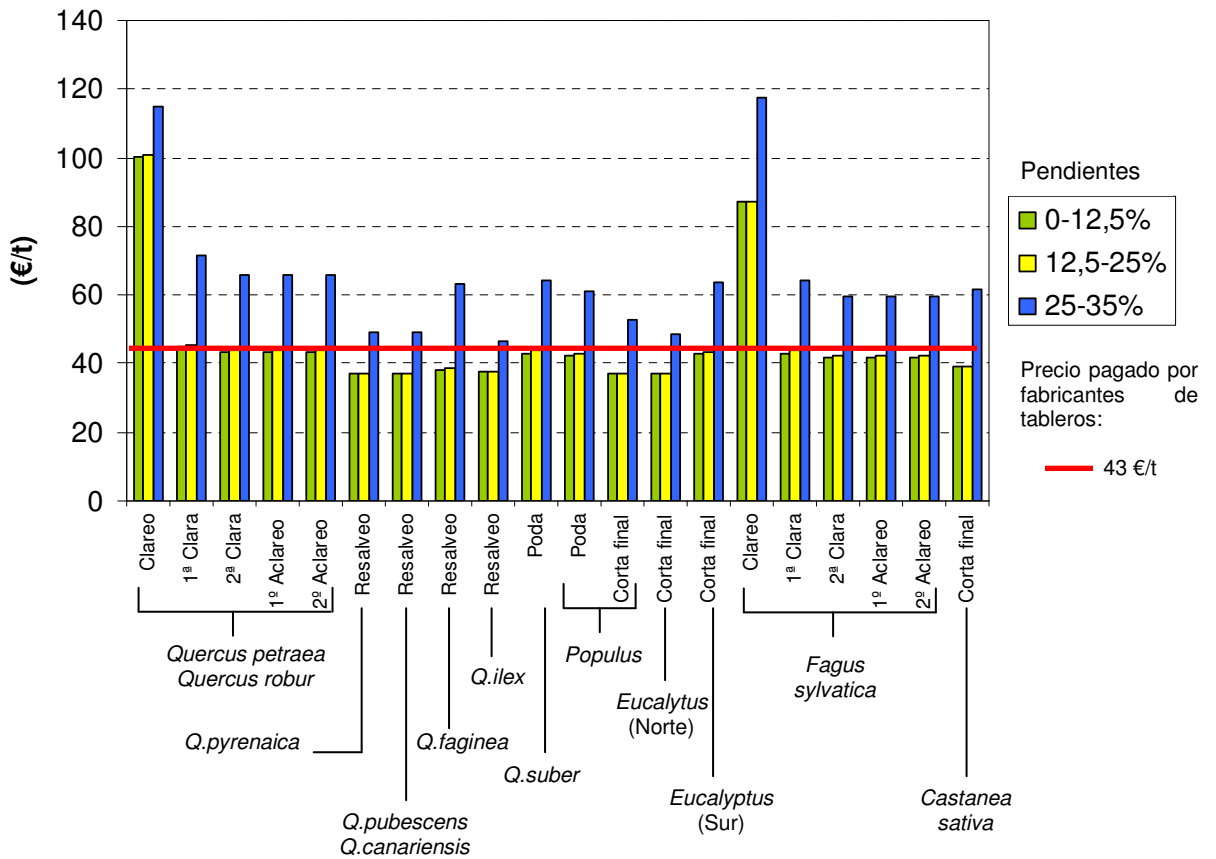
Tabla 14: Resumen competencia

	INTERVENCIÓN	PENDIENTES
CONIFERAS	1ª clara	0-25%
	2ª clara	

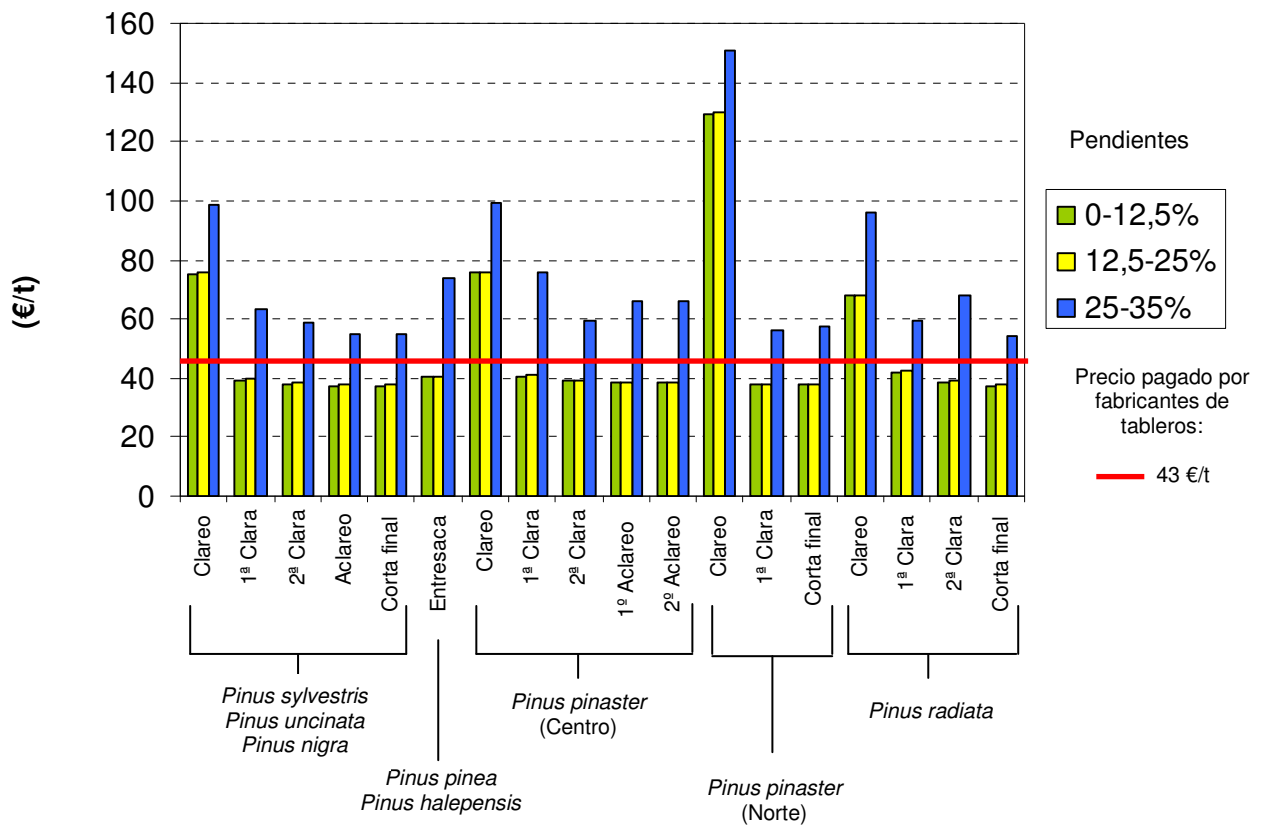
	1º aclareo	
	2º aclareo	
	corta final	
FRONDOSAS	2º clara	0-25%
	1º aclareo	
	2º aclareo	
	Resalveo	
	Poda	
	Corta final	

En los siguientes gráficos se presentan los casos en los que podría existir competencia y en los que no. Casos definidos por especie y por intervención que origina los restos forestales a aprovechar. Se han realizado dos gráficos, uno de coníferas y otro de frondosas. Los costes tomados como referencia son los costes de aprovechamiento de tratamientos selvícolas y culturales correspondientes a unos procedimientos muy concretos y con rendimientos estimados razonables pero muy generales, incluyendo transporte a central y triturado del residuo; la utilización de procedimientos y medios diferentes a los expuestos y las propias condiciones de cada situación concreta pueden variar estos costes en ambos sentidos de una manera significativa.

FRONDOSAS



CONÍFERAS



Otro aspecto a considerar, es la influencia sobre el aprovechamiento de la biomasa forestal residual de la prima a la generación de electricidad con biomasa recogida en el R.D. 661/2007 de 25 de mayo, por el que se regula la producción de energía eléctrica en régimen especial.

De acuerdo con los estudios que están realizando algunos promotores de centrales de generación eléctrica con biomasa forestal (b.6.3), los titulares de las plantas podrían llegar a pagar entre 42 y 50 €/t, para un PCI medio de 3.000 kcal/kg, el suministro de biomasa forestal residual puesta en planta.

Por tanto, los usos energéticos de la biomasa permitirán el desarrollo de zonas forestales, actualmente inviables económicamente, al dotar de unos ingresos adicionales derivados del uso de estos materiales como combustible. Ello conllevará una mejora de las industrias y empresas asociadas al sector forestal que podrán mejorar su balanza económica y ampliar sus oportunidades de negocio. Esto, sumando a la posibilidad de realizar una extracción de residuos que actualmente se quedan en las masas forestales con el consiguiente peligro de incendios y plagas, implicará una mejora de las masas forestales españolas y un descenso del peligro de incendios y plagas pudiendo considerarse un arma eficaz contra la deforestación.

Por otro lado, para estimar como puede afectar una subvención o una prima para el aprovechamiento de la biomasa forestal residual y establecer por cada Euro el incremento en la cantidad recogida, estableceremos dos gráficas, una para frondosas y otra para coníferas, con las curvas para las diferentes pendientes. De la tabla de costes obtenemos unos costes ponderados para cada grupo de especies:

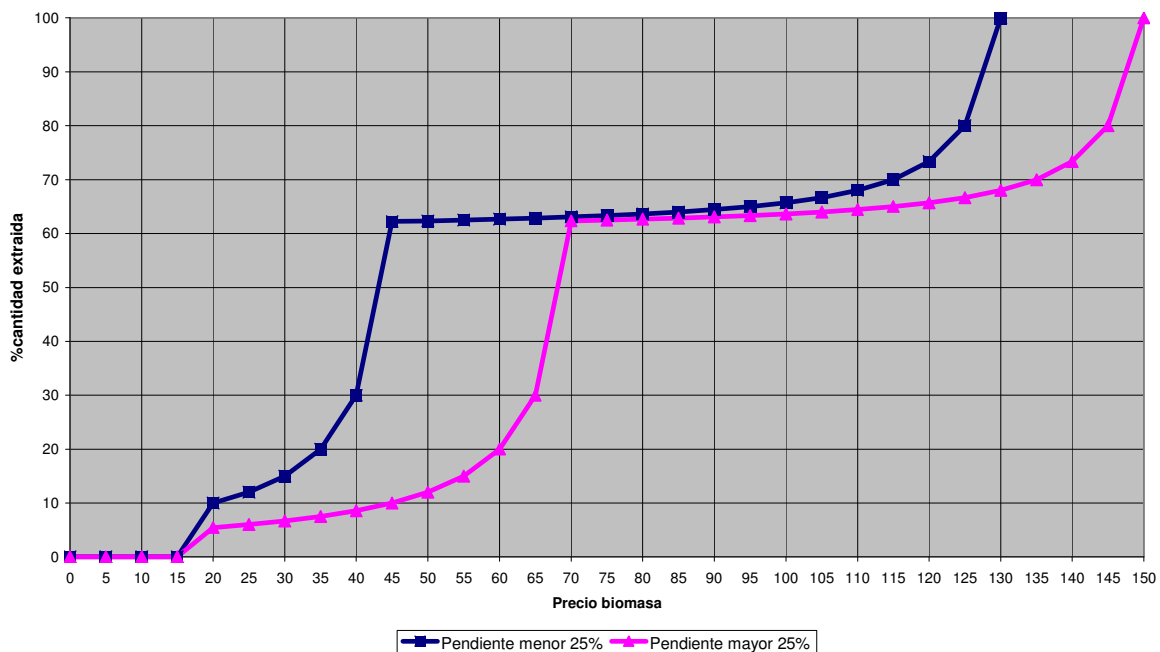
Tabla 15: Costes ponderados por grupo de especies

Grupo Especies	Coste Ponderado		
	0-12,5%	12,5-25%	25-35%
<i>Coníferas</i>	43,92	44,16	67,99
<i>Frondosas</i>	42,20	42,58	59,68

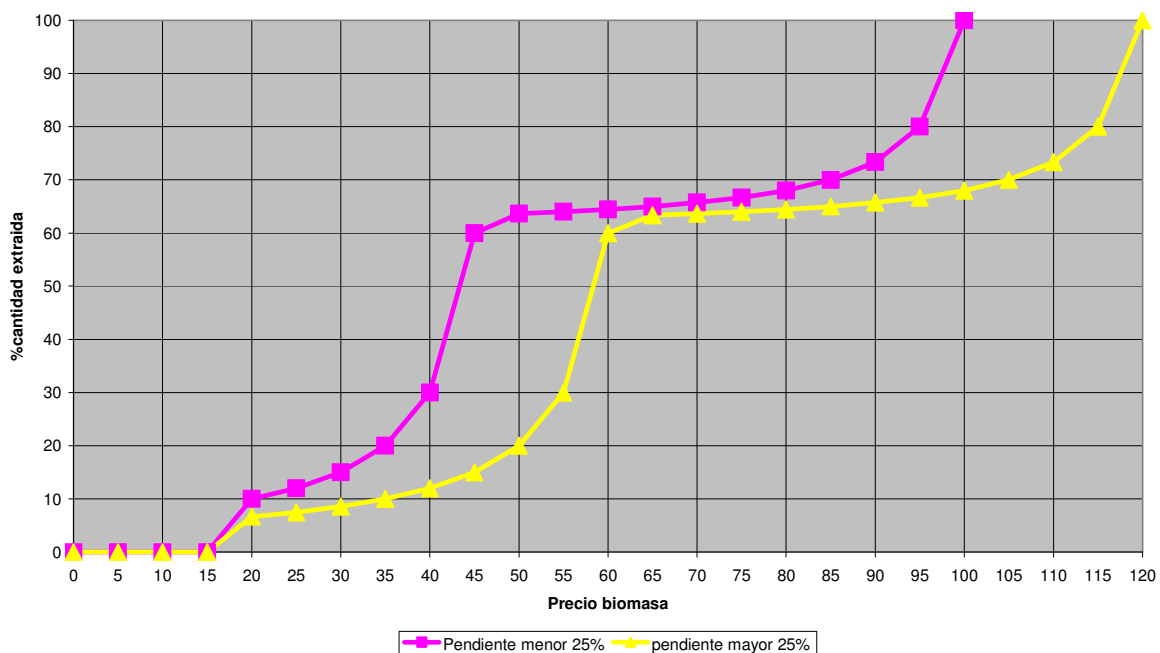
Suponemos que este coste representa el precio que se tendría que pagar para conseguir extraer un 60% de la cantidad de residuo disponible en el monte. Esta suposición se basa en que los costes más bajos se corresponden con claras y cortas finales, que es donde se obtiene mayor cantidad de residuo. El 100% del residuo se obtendrá si el precio aumenta hasta el coste máximo reflejado en la tabla 13 para cada pendiente. Las pendientes se han agrupado en dos tramos: de 0 a 25% y más de 25%, ya que según la tabla 13, los valores para pendientes de 12,5% y 25% son muy similares. Tomando como referencia estas suposiciones, las gráficas acumulativas por grupo de especies y pendientes, serían las siguientes:

Gráficas acumulativas

CONIFERAS



FRONDOSAS



Observamos como para precios de la biomasa por debajo de los 40 €/t, el residuo se dejaría en el monte, salvo en contadas ocasiones puntuales, y para precios entre 43 y 50 €/t es donde se aprovecharía el residuo en más del 50% de las ocasiones, que corresponderían a las claras, cortas finales, resalvos y podas en las superficies más favorables. Para incrementos mayores del precio, prácticamente no se obtendría

mayores cantidades de biomasa, hasta acercarnos a los precios máximos de los clareos. En el caso de fuertes pendientes, vemos que no se produciría un aprovechamiento apreciable de la biomasa forestal residual por debajo de los 55 €/t, siendo el punto más favorable alrededor de los 60 €/t, para las frondosas, y 70 €/t para las coníferas.

2.3.2. Aspectos ambientales

Cualquier actuación sobre el medio natural tiene algún efecto sobre éste; asimismo, las diferentes maneras de llevar a cabo los trabajos de una misma actuación tienen trascendencia en los posibles diferentes costes ambientales finales. Las actuaciones ligadas a la gestión y el aprovechamiento forestal no son una excepción. En el caso de las explotaciones forestales, y en particular las del aprovechamiento de la biomasa forestal residual, el modo en que los trabajos se lleven a cabo puede ser determinante para aumentar o disminuir las afecciones a los elementos relevantes de los sistemas afectados.

El aprovechamiento de la biomasa forestal residual ligada a la puesta en valor de los residuos que en la actualidad quedan sobre superficies afectadas por aprovechamientos forestales tiene indudables ventajas económicas, en un contexto de crisis energética mundial y en uno de los epígrafes más deficitarios de la balanza de pagos española, así como algunas ventajas desde el punto de vista medioambiental, aunque también presenta sus inconvenientes. Estas ventajas e inconvenientes ambientales son los que se valoran en este apartado.

Para evaluar los aspectos medioambientales relevantes en la extracción de la biomasa forestal se debe tener en cuenta tanto la planificación técnica de los aprovechamientos forestales como la vulnerabilidad de los hábitats donde se pretende extraer la biomasa. Esta vulnerabilidad se traduce en una posible pérdida o fragmentación del hábitat, en una disminución de nutrientes disponibles en el suelo para la vegetación y en molestias a la fauna, en zonas especialmente sensibles o frágiles. En cuanto a la planificación técnica, se deben considerar para evaluar los aspectos medioambientales, la maquinaria y métodos sugeridos para la actuación selvícola y para el aprovechamiento posterior de los residuos generados como biomasa forestal.

El aprovechamiento de los restos de tratamientos selvícolas para la utilización de esta biomasa forestal residual con fines industriales o energéticos como se ha expuesto se puede realizar de muchas maneras, en función de los siguientes condicionantes:

- El tipo de tratamiento de que se trate: no es lo mismo un clareo, un resalveo o una primera clara no comercial que un tratamiento de regeneración de monte maduro por aclareo sucesivo y uniforme o por corta a hecho por bosquetes, fundamentalmente por la extensión de la actuación, la posibilidad de apertura o no de calles de desemboque a pista, el peso de la intervención selvícola (volumen a extraer por unidad de superficie) etc.

- Las condiciones fisiográficas del aprovechamiento: las condiciones de aprovechamiento de los restos del tratamiento no serán las mismas si el tipo de maquinaria potencialmente a emplear es autocargador, skidder, o retroaraña o teleférico
- La operación a realizar según el producto a obtener: los restos que puedan quedar sobre la superficie de actuación serán inexistentes si se trata de saca de árboles completos, mientras que serán mayores en el caso de fustes completos y máximos en el caso de productos tronzados
- Por último si se trata de una operación disociada (en el caso de saca tan solo de productos tronzados o fustes completos) o integrada (saca de árboles completos), y aún así, si el proceso parcial se hace en las calles de desembosque (en su caso) o directamente sobre la superficie de actuación

Dentro de cada tipo de tratamiento selvícola las situaciones menos impactantes ambientalmente serían aquellas que supusieran una mayor rapidez en los trabajos, una menor circulación de maquinaria por la superficie de actuación y que el uso de maquinaria se redujera en lo posible y ésta fuera lo más ligera y de menor impacto posible sobre suelo y vuelo (por ejemplo, preferentemente la utilización de vehículos de ruedas de baja presión antes que las cadenas). Y, por supuesto, que las actuaciones se produjeran fuera de las épocas de mayor fragilidad para la fauna (en general, en España, la época ideal sería a mediados y finales del otoño, con tiempo seco), siempre respetando las características propias de cada zona y de cada situación faunística concreta y sin olvidar las posibles restricciones justificadas que impusiera la normativa existente en cada materia. Por tanto, la actuación integrada es siempre preferible a la disociada, que debe ser la última a considerar en caso de que exista la opción de realizarla.

En cuanto a la vulnerabilidad de los hábitats se puede establecer la siguiente clasificación inicial:

- Hábitats de carácter prioritario, que se hayan sometido a tratamientos selvícolas y culturales, en los que el aprovechamiento de los restos de aprovechamientos forestales es necesario realizarlo con las máximas precauciones y con un seguimiento exhaustivo y periódico de sus efectos ambientales.
- Hábitats de interés, susceptibles del aprovechamiento de la biomasa procedente de los restos de tratamientos selvícolas y culturales, adoptando prácticas específicas que minimizaran los impactos y seguimiento periódico de efectos ambientales.
- Hábitats de menor importancia ambiental, en los que es necesario efectuar prácticas generales de minimización de impactos y seguimiento general de efectos ambientales.

Teniendo en cuenta estos aspectos medioambientales los principales impactos previsibles serían los siguientes, divididos en impactos positivos e impactos negativos:

2.3.2.1. Impactos de carácter positivo

- Reducción de la carga de combustible, frente al riesgo de incendios forestales:

Antiguamente los restos de poda y operaciones selvícolas se utilizaba este material como combustible doméstico por parte de las poblaciones que desarrollaban su actividad en el entorno de los montes, e incluso se realizaban podas y entresacas con este exclusivo fin, pero la disminución drástica de esta población y el cambio de hábitos de vida a favor de otros combustibles más fáciles de emplear ha ocasionado que estos materiales queden en el monte tras las operaciones que los producen, bien porque se considera que no son utilizables como materia prima, bien porque simplemente no tienen comprador, aunque pudiesen tener un uso en la industria transformadora, o simplemente porque los costes de extracción y transporte lo hacen inviable.

Estos restos están clasificados en la tabla de modelos de combustible de Rothermel, como los de mayor combustibilidad, esto unido a la pendiente puede aumentar el riesgo de propagación de los incendios forestales a muy alto o extremo. Por ello en las operaciones selvícolas que los generan se ha venido incluyendo una labor adicional de recogida y quema en el monte hasta hace unos años y de astillado y esparcido más recientemente, en ambos casos con la idea de propiciar su pronta incorporación al suelo y por tanto al ciclo de nutrientes.

Con ello es evidente que se incurre en unos costes adicionales de los trabajos selvícolas que reducen el ya escaso - cuando no negativo - margen económico de los mismos, pero hasta el momento es una práctica obligatoria en los montes públicos

Esto motiva que algunos de los tratamientos selvícolas que deberían ser ejecutados en algunas masas (podas, entresacas, o incluso las mismas cortas finales) no se ejecuten porque su rendimiento económico es negativo, es decir, cuestan más de lo que se puede obtener - en ese momento o en el del aprovechamiento final - del monte.

Todo ello ocasiona una acumulación de material leñoso que ocasiona una gran continuidad, tanto horizontal - que favorece una rápida expansión de la superficie quemada por incendio - como vertical - que favorece los fuegos de copas, tan difíciles de controlar - en el combustible.

Si con motivo de la utilización de todos estos restos de operaciones selvícolas se puede evitar el gasto que supone la eliminación física de los mismos del monte, lo que representa una parte significativa de los costes operativos, se puede favorecer el que se realicen dichos trabajos (parte de la gestión forestal que debe realizarse para conseguir la sostenibilidad) y al mismo tiempo se protege al monte del fuego.

- Mejora de las condiciones fitosanitarias y prevención de plagas de las masas forestales:

De misma forma que lo expresado para los incendios, la presencia de grandes acumulaciones de material leñoso recientemente cortada o derribada o simplemente caída de los árboles, en especial de pequeñas dimensiones, puede servir para permitir la proliferación excesiva de poblaciones de insectos perforadores que, bien mediante su acción directa sobre la madera viva o muerta, o bien de forma indirecta, pues actúan como vectores de otras muchas infecciones de organismos parásitos, pongan en entredicho la estabilidad y aún la persistencia de bosques.

La eliminación de esta madera, mediante el aprovechamiento de los restos de tratamientos selvícolas y culturales, puede ser una medida interesante para la prevención del riesgo de plagas de insectos, y también de otros agentes patógenos como hongos, y bacterias, teniendo en cuenta que nunca se podrá eliminar por completo la presencia de madera muerta en el monte y que la existencia de poblaciones de perforadores en límites razonables, que no supongan un riesgo de plaga, estará garantizada.

- Movilidad:

Los restos leñosos acumulados de forma continua a lo largo y ancho del monte pueden ocasionar una gran dificultad para moverse por entre los árboles. Las ramas y copas obstruyen el paso de personas e incluso de vehículos, lo que dificulta enormemente las actividades de vigilancia y protección del monte, la rápida actuación en caso de peligro - incendios, furtivo, etc. - o la simple gestión del mismo - mediciones, inventarios, etc. - o el uso múltiple de su superficie, como por ejemplo la ganadería extensiva o el recreo.

La disminución de la carga de restos sobre la superficie del monte supone una mejora de la movilidad, lo que resulta un aspecto positivo para la utilización de esa superficie por la ganadería, por la fauna silvestre y para el uso social recreativo difuso y la calidad paisajística.

- Contribución a la mitigación del cambio climático:

Según el último Informe del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), el cambio climático actual está producido, muy probablemente, por el aumento de la concentración de los GEI (Gases de Efecto Invernadero) por efecto antropogénico desde el comienzo de la era industrial. Además, dentro de las medidas para disminuir las emisiones de GEI contempladas tanto en el Protocolo de Kyoto como en la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia, está la sustitución de combustibles fósiles por biomasa, considerada un fuente de energía renovable y con un balance de CO₂ neutro en su combustión. Las emisiones evitadas por la utilización

de la biomasa en vez de cualquier otro combustible fósil, quedaran reflejadas en el Inventario Español de Emisiones y contribuirán así a disminuir la factura Española para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto.

▪ **Valorización:**

La valorización de unos residuos, pasando éstos a recurso para otras industrias es un indudable efecto positivo, tanto económico como ambiental.

En la actualidad los aprovechamientos de los restos de tratamientos selvícolas y culturales - cuyo coste de retirada representa una fracción significativa de los costes de dichos tratamientos representando en ocasiones más del 50% de los mismos - rozan en unos pocos casos el umbral de la rentabilidad, mientras que en la mayoría de ellos, en el actual escenario de precios de los combustibles, desarrollo y disponibilidad de maquinaria y otras tecnologías, y técnicas de aprovechamiento, se encuentran alejados de esta situación de rentabilidad positiva.

Sin embargo, un leve impulso positivo sobre alguno o varios de los anteriores aspectos podría permitir que un número más amplio de casos de aprovechamiento de restos alcance el límite de la rentabilidad. Ello permitiría, a su vez, que algunos de los trabajos selvícolas absolutamente necesarios para determinados sistemas forestales (masas jóvenes regulares densas en estado de monte bravo o latizal bajo que se tengan que someter a clareos, o montes bajos densos que se quieran convertir a masas de monte alto mediante un oportuno programa de resalveos de conversión), que actualmente no se realizan por ser económicamente desaconsejables para el propietario o gestor cambiasen de signo y comenzasen a ser llevados a cabo.

Está claro también que si se produce una valorización de los restos de aprovechamientos y labores selvícolas, se disminuirá la presión sobre otros sistemas forestales para cubrir la creciente demanda de madera y se pondrán en marcha actuaciones selvícolas mejorando su estado vegetativo y su capacidad de autoprotección frente a riesgos fitosanitarios o de incendio forestal.

2.3.2.2. Impactos de carácter negativo

▪ **Balance de nutrientes:**

La retirada de los restos de tratamientos selvícolas para su utilización con fines energéticos, supone un impacto sobre el ciclo de nutrientes dentro de la masa que depende de las diferentes especies, zonas geográficas y las técnicas y tecnologías propuestas. La extracción de nutrientes básicos para el crecimiento óptimo de la masa dará lugar a una pérdida de la fertilidad del suelo, si esta extracción es más rápida que la recuperación, a través de otros elementos del ecosistema forestal, de los nutrientes perdidos. Esta situación daría lugar al posible uso de fertilizantes artificiales que también influyen en el aumento de emisiones de GEI y pueden

revertir los efectos beneficiosos sobre el Cambio Climático de la utilización de la biomasa forestal. Para llevar a cabo una explotación sostenible de este recurso deberá tenerse en cuenta el periodo de rotación ecológica como el mínimo a considerar para garantizar que la explotación del bosque puede mantenerse a largo plazo.

- Efectos del aprovechamiento sobre el suelo, agua, atmósfera:

No hay que perder de vista que lo que se plantea son los efectos ambientales de la actividad de recogida de restos de aprovechamientos y tratamientos selvícolas y culturales previamente realizados. Las operaciones previas son las que han dejado los restos sobre la superficie del terreno y que esas actividades son las que habrán causado los impactos correspondientes, aplicándose las medidas preventivas, paliativas y restauradoras necesarias. Si el aprovechamiento de los restos de tratamientos selvícolas y culturales se realiza simultáneamente, en la misma operación que el aprovechamiento de los productos principales, esto es, en una operación integrada, y con el procesado de restos en pista, el movimiento de maquinaria por la superficie de actuación se realiza una sola vez. Esto significa que la maquinaria emite en una sola ocasión gases de escape y ruidos, produce compactación del terreno solo una vez, y los efectos sobre el suelo, aire y agua solo se producen en una ocasión. Si la operación de recogida de restos es posterior al aprovechamiento o el tratamiento que los ha originado, esto es, en una operación disociada, la perturbación se produce en dos ocasiones, siendo los efectos ambientales los mismos que en las operaciones previas. También se debe considerar que la frecuencia de los tratamientos selvícolas y culturales contemplados, relativizan el impacto de estos tratamientos en el tiempo. La frecuencia suele oscilar, en el peor de los casos alrededor de los 9 años.

- Efectos del aprovechamiento sobre la flora:

Existen determinados hábitats forestales que resultan de mayor interés que otros y por tanto las afecciones sobre la flora de estos hábitats por efecto del aprovechamiento forestal de los restos puede ser de más importancia que en otros más resistentes o más extendidos. Igualmente, el menor nivel evolutivo de los sistemas forestales que se aprovechan, la menor estructuración de sus masas en diferentes estratos vegetales o en edades supondrán menos impactos sobre la vegetación que en los casos contrarios. El caso del aprovechamiento de matorral, tanto del sotobosque, como de extensiones de esta estructura, debe considerarse en cada caso desde el punto de vista de sus impactos sobre el suelo y sobre las especies que lo pueblan.

Por otra parte, en los análisis de las potenciales disponibilidades de biomasa procedente de matorrales y de restos de tratamientos selvícolas y culturales, se incluyen una serie de restricciones que limitan, no solo desde el punto de vista de un

estudio teórico, sino incluso desde la propia realidad de un aprovechamiento de esta naturaleza, los riesgos ambientales de estos aprovechamientos. Estas restricciones, que deben ser tenidas en cuenta en los aprovechamientos y justificadas, han sido las siguientes:

- No se considera como susceptible de ser aprovechable ninguna superficie que presente una fracción de cabida cubierta total inferior al 75%.
 - No se consideran susceptibles de aprovechamiento las superficies situadas por encima del 35% de pendiente.
 - Las superficies incluidas en Parques Nacionales no se consideran susceptibles de aprovechamiento de sus restos de aprovechamientos selvícolas.
 - Las superficies incluidas en Parques Naturales, ZEPAs, LICs, RAMSAR, ZEPIM y Reservas de la Biosfera, no se consideran como susceptibles de aprovechamiento de la biomasa procedente de matorrales.
 - Los periodos de rotación para el aprovechamiento del matorral, que se han considerado, varían entre los 5 y los 10 años según localizaciones. En el caso del aprovechamiento del matorral bajo arbolado, se establece una sola intervención sobre el matorral durante la duración del turno del arbolado si la fracción de cabida cubierta del arbolado es igual o superior al 40% y dos intervenciones si la fracción de cabida cubierta del arbolado es superior al 40%. Las rotaciones que se están manejando, añadidas de las restricciones de uso anteriores, limitan el posible impacto de la utilización del matorral.
 - Sólo se considera el aprovechamiento del matorral de determinadas especies, que forman grandes extensiones monoespecíficas o de bajo nivel evolutivo.
- Efectos del aprovechamiento sobre la fauna:

Al igual que en puntos anteriores, no hay que perder de vista que lo que se considera es el impacto ambiental de la recogida de restos abandonados sobre la superficie posteriormente a la realización de un aprovechamiento forestal o un tratamiento selvícola, que, indudablemente, presentan un impacto sobre los elementos del medio natural. La disociación entre el propio tratamiento y la retirada y aprovechamiento de los restos del tratamiento supone una doble alteración sobre una misma superficie, lo que repercute de manera añadida sobre dichos elementos del medio. Por lo tanto, desde el punto de vista de alteración a la fauna y sus hábitats, es preferible siempre una sola actuación integrada. Los principales impactos previsibles son:

- Molestias por ruido

- Peligro de destrucción de hábitats y de lugares de nidificación, refugio y alimento
- Riesgo de aplastamiento para micro mamíferos e invertebrados
- Molestias a la fauna en épocas críticas

Y las medidas paliativas son las consideradas en ese mismo punto:

- Utilización de maquinaria moderna y poco agresiva para el medio (por ejemplo, utilización de tractores forestales de neumáticos de baja presión), convenientemente revisada y mantenida
- Establecimiento de perímetros de reserva o de protección en zonas críticas, como áreas de nidificación o de campeo de especies catalogadas
- Realización de los trabajos en épocas adecuadas, que afecten lo menos posible a las funciones vitales más críticas, especialmente en las épocas de cortejo, nidificación y cría de aves, de apareamiento, o de hibernación de determinados mamíferos
- Evitar la repetición de trabajos en la misma zona de manera frecuente; en este sentido, las frecuencias expuestas en los dos puntos inmediatamente anteriores muestran que este aprovechamiento en todos los casos no se considera suficiente como para provocar molestias reiteradas a la fauna.

2.3.3. Aspectos sociales

2.3.3.1. Consideraciones Generales

Para evaluar los condicionantes sociales del uso de la biomasa forestal residual, hay que tener en cuenta los beneficios sociales que perciben todos los habitantes de la zona donde se vayan a implementar proyectos para el aprovechamiento de este recurso, para ello hay que tener en cuenta los efectos que el proyecto tendrá sobre las personas que forman parte de la comunidad. Por otro lado también se deben valorar los beneficios sociales sobre España en general por los efectos sobre la balanza de pagos o sobre otros indicadores sociales.

En la evaluación social interesa saber si la población aumenta o disminuye su bienestar como consecuencia del aprovechamiento de la biomasa forestal residual. Este bienestar depende de la disponibilidad de bienes y servicios, de su distribución entre las personas y de otras variables. Cuanto mayor sea el valor de los bienes y servicios disponibles, mayor será el bienestar de la población.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que la evaluación social en el ámbito de esta estrategia, tiene por objeto determinar en cuánto se modifica la disponibilidad de

bienes y servicios para la población, como consecuencia del aprovechamiento de la biomasa forestal residual.

2.3.3.2. Consideraciones Sociales

Para determinar en cuanto se modifica la disponibilidad de bienes y servicios para la población, como consecuencia del aprovechamiento de la biomasa forestal residual, tendremos en cuenta los efectos directos e indirectos que influyen en el desarrollo social de una zona donde se desarrollaría un proyecto en concreto y de España en general. Con el aprovechamiento de la biomasa forestal residual se busca maximizar los beneficios sociales, como puede ser la creación de empleo, mejorar las prestaciones sociales, ayudar a un sector de la sociedad, etc.

2.3.3.2.1. Efectos directos

- Creación de empleo para la recogida, saca y tratamiento de la biomasa forestal residual. Al ser necesaria la figura del operador logístico que centralice el almacenamiento y la preparación del producto para su uso, se crearán nuevos empleos para cubrir esta demanda. Este empleo será en parte cualificado de grado superior y medio, por lo que, en general, atraerá población y riqueza para la zona concreta rural donde se ubique. Por otro lado, se creará una nueva fuente de ingresos alternativa para la población agrícola de la zona en épocas de baja actividad en la agricultura, para la realización de los trabajos de aprovechamiento de la biomasa forestal residual en el monte. Una estimación del empleo creado sería:
 - Para la recogida y saca del producto: podríamos considerar, como media, que cinco operarios harían estos trabajos al ritmo de 1 ha día (incluyendo peones, capataces e ingenieros a tiempo parcial en cada obra). Por otro lado la superficie total estimada donde se podría realizar esta actividad en España, es de unos 7.917.409 ha con una rotación de los trabajos selvícolas de unos 8 años de media. Si consideramos que un operario trabaja 200 días al año, tenemos que el potencial de creación de empleo directo para estas actividades es de unos 25.000 trabajadores por año.
 - Operador logístico: En el caso de explotarse el potencial energético de la biomasa forestal residual al 100%, sería necesario establecer en España el número suficiente de empresas que centralizasen el almacenamiento y el pretratamiento del recurso. Si consideramos un operador logístico por provincia, tendríamos 52 empresas. Si cada una emplea una media de 15 empleados incluyendo operarios, mandos de grado medio y superior y administrativos, tendríamos un potencial de creación de empleo de 780 trabajadores.
- Producción de nuevos bienes y servicios:

- Energía eléctrica renovable (energía verde), que mejorará la calidad del abastecimiento eléctrico de la zona y permitirá un aumento de la demanda de energía para la instalación de nuevas industrias.
- Calefacción para una zona o grupo de edificios. Calor comunitario que ahorrara costes de calefacción, disminuirá las emisiones contaminantes y mejorará las condiciones de habitabilidad de las viviendas o edificios donde se instale.
- Vapor para un proceso de producción de una industria, que quiera sustituir calderas tradicionales de combustibles fósiles por calderas de biomasa para producir el vapor necesario.
- Producción de Pellets, para uso particular para calderas y estufas.
- Gasificación de la biomasa para la generación posterior de electricidad. Este gas puede ser usado in situ o comercializado y transportado a otra zona.
- Subsidios o subvenciones para el aprovechamiento de la biomasa forestal residual, que permitan que su extracción, transporte y preparación sea competitiva en comparación con otros combustibles fósiles alternativos. Esta nueva fuente de ingresos aumentará la riqueza disponible en la zona.
- Mejora de la defensa de los montes contra incendios forestales al disminuir su combustibilidad, evitando así la pérdida de biodiversidad, la pérdida de espacios naturales de ocio y entretenimiento y la pérdida de ingresos por turismo. A esto contribuye también el hecho de que las emisiones por combustión de la biomasa tienen menos contenido en azufre, y por lo tanto se disminuye el efecto de las lluvias ácidas sobre los bosques Españoles.
- Efecto directo negativo: Debido al efecto anterior beneficioso sobre los ecosistemas forestales, principalmente el hecho de que se reduce el material combustible en los montes, ya no sería necesario mantener el actual número de retenes contra incendios, por lo que habría una disminución de la mano de obra empleada en esta actividad.

2.3.3.2.2. Efectos indirectos

- Creación de empleos indirectos en la industria y servicios auxiliares, como pueden ser el mantenimiento de la maquinaria para la preparación del producto, el mantenimientos de las calderas de biomasa, el transporte de la biomasa forestal residual, la distribución de los nuevos bienes producidos, servicios de consultoría.
- Mejora de la industria nacional de calderas de biomasa al ampliarse el mercado en España y tener que innovar para competir con la industria extranjera.

- Disminución de la importación de combustibles fósiles, con lo cual mejorara la balanza de pagos Española.
- La creación de empleo generará un aumento de las cotizaciones a la Seguridad Social, con lo que ello implica para el mantenimiento del sistema de prestaciones sociales en España.
- Las transacciones comerciales debidas a los nuevos bienes y servicios generados por el aprovechamiento de la biomasa forestal residual, generarán un aumento de los ingresos de las administraciones públicas, principalmente a nivel local, vía impuestos y tasas, que contribuirán a la mejora de las condiciones de vida en las zonas rurales donde se implante esta nueva industria.

2.4. Barreras, fortalezas y oportunidades del uso de la biomasa forestal con fines energéticos.

2.4.1. Barreras

- Problemática derivada de la producción del recurso.
 - Dispersión y baja concentración de los recursos forestales.
 - Inestabilidad en la producción de residuo.
 - Discontinuidad en el tiempo (actuación poco constante de algunos organismos oficiales).
 - Heterogeneidad del residuo y de condiciones físicas del terreno (orografía del terreno).
 - Heterogeneidad física y de composición del recurso (adecuación del recurso).
 - Desarrollo tecnológico de maquinaria y disposición.
 - Difícil mecanización de los trabajos.
- Problemática derivada de la gestión del recurso
 - Ausencia o pocos operadores logísticos potencialmente capaces de afrontar el reto (ausencia de tamaños empresariales suficientes como para afrontar riesgos en este campo, en especial carencia de maquinaria especializada).
 - Inexistencia de un mercado desarrollado de distribución de biomasa.
 - Falta de demanda del producto y, como consecuencia, falta de seguridad.

- Inestabilidad en disponibilidad de producto en cantidad, calidad y precio.
- Falta de desarrollo de sistemas de pretratamiento de residuo para adecuación.
- Personal especializado.
- Espacio de almacenamiento.
- Dispersión de la información y ausencia de experiencias en España a gran escala.
- Problemática derivada de la transformación energética del recurso
 - Adecuación del recurso.
 - Limitaciones derivadas del uso de un combustible sólido que necesita homogenización.
 - Competencia en precio con otros combustibles.
 - Bajo rendimiento de generación de energía.
 - Altos niveles de inversión.
 - Incertidumbre en los potenciales operadores derivada de la inseguridad de suministro o de la rentabilidad de las operaciones.
 - Acceso y conexión a la red eléctrica.
 - Ausencia hoy por hoy de un mercado energético, el más potente, capaz de absorber esta producción.
- Problemática derivada de la competencia por la materia prima.

2.4.2. Fortalezas y oportunidades

- Oportunidad de negocio para muchas empresas de todos los ámbitos y tamaños:
 - pequeñas o grandes empresas de trabajos forestales
 - empresas que pueden demandar estos productos a un buen precio: de pequeño tamaño (por ejemplo, pequeñas fábricas de pellets o briquetas de ámbito local, con mercados locales) o gran tamaño (operadores logísticos que dispongan de parque de maquinaria extenso y que ofrezcan un primer producto en instalaciones propias donde se haga el almacenaje de un primer producto semielaborado)

- empresas utilizadoras del producto semielaborado o elaborado (chips, pellets, briquetas)
- Oportunidad de reducir la factura energética que España paga al exterior.
- Reducción del riesgo estructural de incendios forestales con el consiguiente beneficio ambiental: reducción del riesgo erosivo, de la desertificación, de la pérdida de hábitat y especies emblemáticas...
- La inmensa cantidad de biomasa potencialmente disponible y que en la actualidad es desaprovechada;
- La obligación de España de cumplir con el protocolo de Kyoto y la reducción de las emisiones de CO₂.
- La inquietud sobre este asunto existente en muchos ámbitos: institucionales, políticos, científicos, técnicos, empresariales; se traduce en multitud de reuniones en los últimos años, iniciativas divulgadoras; inicio del desarrollo de experiencias.

2.5. Medidas actuales para impulsar la utilización energética de la biomasa forestal residual

El R.D. 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en el régimen especial, es de aplicación a la producción de energía eléctrica mediante energías renovables y define el régimen económico para la retribución de esta energía eléctrica así generada, no aplicándose a la generación de calor y/o vapor para otros usos industriales o domésticos, aunque se genere con energías renovables.

Las centrales de generación se clasifican en función de la energía primaria utilizada:

Tabla 16: Clasificación centrales eléctricas

Categoría	Grupo	Subgrupo
a Instalaciones de cogeneración y aprovechamiento energía residual	a.1 Cogeneración	a.1.1 Gas natural+biogas
		a.1.2 gasóleo, Fuel oil, GLP
		a.1.3 Biomasa y/o biogas
		a.1.4 Resto cogeneraciones
	a.2 Energía residual de otros procesos	

Categoría	Grupo	Subgrupo
b instalaciones que utilicen como energía primaria energías renovables no consumibles	b.1 energía solar	b.1.1 Fotovoltaicas
		b.1.2 Transformación energía solar mediante procesos térmicos
	b.2 energía eólica	b.2.1 Instalaciones ubicadas en tierra
		b.2.2 Instalaciones ubicadas en el mar
	b.3 Geotérmica, olas, mareas, rocas calientes, océano térmica y corrientes marinas	
	b.4 Hidroeléctricas de Potencia menor de 10 MW	
	b.5 Hidroeléctricas de Potencia mayor de 10MW y menor de 50MW	
	b.6 biomasa	b.6.1 biomasa de cultivos energéticos
		b.6.2 Residuos agrícolas y de jardinería
		b.6.3 residuos de aprovechamientos forestales
	b.7 biogás	b.7.1 Biogás de vertederos
		b.7.2 biogás de digestión anaerobia
		b.7.3 estiércoles y bio-combustibles líquidos
b.8 Biomasa de instalaciones industriales	b.8.1 Instalaciones industriales sector agrícola	
	b.8.2 Instalaciones industriales sector forestal	
	b.8.3 Licores negros de la industria papelera	
c Valorización energética de otro tipo de residuos	c.1 R.S.U. Incineradoras	
	c.2 Otros residuos no contemplados anteriormente.	

Categoría	Grupo	Subgrupo
	c.3 Otros residuos siempre que supongan más de 50% energía primaria	
	c.4 Residuos industria minera	

El subgrupo b.6.3 es el que aplica para el uso energético de la biomasa forestal residual para la generación de electricidad. El mecanismo de retribución de la energía eléctrica producida permite elegir entre dos opciones:

- Ceder la electricidad al sistema a través de la red de transporte o distribución, percibiendo por ella una tarifa regulada, única para todos los períodos de programación. Si se opta por esta modalidad las instalaciones podrán acogerse, con carácter voluntario, al régimen de discriminación horaria, que aumenta la tarifa un 4,62 % en los periodos punta y la disminuye en 3,3 %, en los periodos valle.
- 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 el representante de la instalación, complementado, en su caso, por una prima fija. En este caso y para algunos grupos de centrales se tienen en cuenta unos límites inferior y superior de la prima, que regulan el valor de la misma en función del precio horario del mercado de referencia, para atenuar el efecto de oscilación de los precios y dejarlos alrededor del valor de la tarifa regulada y, además, se considera el caso de costes horarios muy altos, por encima del límite superior, donde la prima sería cero.

Para realizar un análisis medio de la capacidad de compra de biomasa, de una instalación de este tipo se ha tomado como valor de referencia la tarifa regulada, aunque la remuneración del kWh producido pueda variar sensiblemente, si se elige la opción de prima más precio de mercado, como ya se ha mencionado.

A fin de aproximarse a la realidad y considerando que muchas instalaciones basadas en biomasa forestal van a ser de pequeña potencia para asegurar un suministro estable de combustible, se ha tomado para el análisis una instalación de gasificación de pequeña potencia (inferior a 2 MW) con un alto rendimiento 27,8 % y un coste de inversión medio de 2.970 €/kW o 3.294 €/kW si es cogeneración. El combustible utilizado tendrán un alto grado de humedad (y deberá secarse en la central) y un poder calorífico inferior, de la biomasa forestal residual, de 2.200 kcal/kg para biomasa verde. El valor de la tarifa regulada para una instalación de este tipo en 2008 es 12,9921 cent€/kWh sin cogeneración y 13,2286 cent€/kWh. Del rendimiento de la central podemos calcular que una tonelada de biomasa producirá

alrededor de 711 kWh/t. En la siguiente tabla se reflejan las capacidades de compra de dos instalaciones, sin y con cogeneración, para una tasa interna de retorno del 7 % en 15 años para la inversión considerando, además de los costes de inversión, unos costes medios de operación y mantenimiento y una producción anual de 7.500 horas.

Tabla 17: Capacidad de compra de biomasa en centrales de generación

Grupo	Subgrupo	Potencia	Tarifa regulada (c€/kWh)	Biomasa PCI 3.200 kca/kg (€/t)	Biomasa PCI 2.200 kca/kg (€/t)
b.6	b.6.3	P<= 2 MW	12,9921	44,6	30,7
a.1	a.1.3 con combustible b.6.3	P<= 2 MW	13,2286	63,8	43,8

Considerando el aspecto puramente económico vemos que la tarifa reflejada en la tabla 14, estaría pagando el aprovechamiento de la biomasa forestal residual en montes con pendientes menores del 25% y originada en claras, podas y cortas finales, según se desprende de las gráficas acumulativas reflejadas en el apartado 2.3.1.

Aparte de los aspectos puramente económicos, también se deberían considerar otros aspectos operativos en centrales de generación eléctrica con biomasa. Lo primero es la falta de experiencia en este tipo de centrales que además son más complejas, que provoca que los costes de operación y mantenimiento sean más elevados que en las centrales térmicas tradicionales. Por otro lado tenemos la inversión por MW de capacidad instalada, que es también más elevada. Además se pierde el beneficio de la economía de escala, ya que la limitación del recurso, el elevado coste del transporte y la fuerte inversión inicial, provoca que no se puedan construir grandes centrales, como en el caso de las centrales de combustibles fósiles.

Esto nos indica, que la retribución eléctrica para las centrales de biomasa no solo tiene que cubrir los costes del recurso, si no también costes operativos y financieros con sus correspondientes sobrecostes, en comparación con centrales térmicas tradicionales de carbón o fuel óleo, que son más contaminantes y no contribuyen a la mitigación del cambio climático.

Por ello, la combinación de las primas o tarifas con ayudas a la extracción de la biomasa forestal supondría un impulso importante para el sector forestal que vería aumentados sus recursos económicamente viables dadas las sinergias de estos dos sistemas de apoyo a la producción.

Otra posibilidad es plantear usos térmicos, domésticos o industriales, cuya rentabilidad es superior a la generación eléctrica ya que entran en competencia con combustibles convencionales de mayor precio. En el caso doméstico, la biomasa

deberá ser pretratada antes de suministrarse dadas la mayor demanda de calidad del combustible en estos usos. También existirá un coste adicional de distribución local entre los usuarios.

En la siguiente tabla se analizan las posibles aplicaciones de la biomasa forestales en estos usos. El caso doméstico expuesto consiste en una instalación de calefacción de un bloque de viviendas con una caldera de 200 kW de potencia térmica, con un uso de 1.200 horas al año, unos costes de inversión de la instalación de 400 €/kW (se considera la necesidad de construir el silo de almacenamiento) y una ayuda a la inversión del 30 %. Esta instalación tendrá unos ahorros derivados de la no utilización de gasóleo C como combustibles a un precio de 65 cent€/litro (equivalente a un precio de 7,647 cent€/termia). En el caso de uso industrial la potencia de la caldera es de 1.000 kW con uno 5.000 horas de funcionamiento al año, un coste de inversión de 120 €/kW (ya que la caldera tiene menos requerimientos para su uso y no es necesario un coste unitario de obra civil tan elevado). En este caso el ahorro derivado de la no utilización del gasóleo C se ha calculado considerando un precio de este combustible de 45 cent€/litro (equivalente a 5,29 cent€/termia).

Para los dos casos se han considerando unos costes medios (específicos y distintos para cada aplicación) de operación y mantenimiento, aunque en el caso de la aplicación doméstica los costes derivados del pretratamiento y la distribución de la biomasa se han estimado en 30 €/t. mientras que en el uso industrial sólo se han considerado unos costes de 5 €/t para el pretratamiento. La capacidad de compra para ambos casos se ha calculado considerando una rentabilidad de la inversión equivalente a una tasa interna de retorno del 7 %.

Tabla 18: Capacidad de compra de biomasa en centrales de generación

Uso	Potencia (kW)	Coste energía convencional (c€/te)	Biomasa PCI 3.200 kcal/kg (€/t)	Biomasa PCI 2.200 kca/kg (€/t)
Doméstico (calefacción)	200	7,65	161,5	81,0
Industrial (uso térmicos)	1.000	5,29	86,8	54,7

Por ello, a la hora de plantear un uso energético de la biomasa forestal parece lógico analizar en primer lugar los usos térmicos solos o en cogeneración con tecnologías emergentes como la gasificación, y posteriormente usos en cocombustión y en último lugar centrales de generación eléctrica pura.

2.6. Diagnóstico de la situación actual

A la vista de lo expuesto en los capítulos anteriores podemos hacer un diagnóstico de la situación actual de la utilización de la biomasa forestal residual, como influyen las

medidas actuales para su uso y las actuaciones más urgentes para promocionar la utilización de este recurso.

Del estudio de disponibilidad actual del recurso se ha obtenido un valor de biomasa forestal residual disponible anualmente de 6, 25 millones de toneladas. De los datos del PER podemos extraer el consumo de biomasa en el año 2004 y el consumo previsible en 2010, que son 14 y 31 millones de toneladas respectivamente. Este consumo, actualmente, proviene, principalmente, de residuos de la industria forestal de primera y segunda transformación así como de los aprovechamientos de leñas.

El aprovechamiento de la biomasa forestal residual para su valorización energética provoca una serie de efectos positivos para el medio ambiente y el medio social, tanto a nivel local como a nivel nacional, entre los que se encuentran, principalmente la mejora de las condiciones de los montes frente a los incendios forestales y la creación directa de empleo.

Por lo tanto a la vista de los datos y análisis detallados a lo largo de esta estrategia podemos concluir:

- Actualmente existe un escaso aprovechamiento de biomasa forestal residual casi exclusivamente en aplicaciones térmicas en zonas rurales.
- Extender y actualizar desde el punto de vista comercial y tecnológico las aplicaciones térmicas de la biomasa forestal residual puede ser la prioridad por presentar mejores condiciones de eficiencia energética y de resultados económicos. Para ello se están llevando a cabo acciones desde el punto de vista normativo, de difusión, etc.
- La publicación del RD 661/2007 unido al establecimiento de una estrategia forestal adecuada puede dar lugar a efectos muy positivos sobre las masas forestales posibilitando su uso energético."
- Considerando la demanda de biomasa que considera el PER y las disponibilidades anuales de biomasa forestal residual (unos 6,25 millones de toneladas anuales), podemos concluir que ya existe y, además aumentará, un mercado para el consumo de toda la biomasa forestal residual que se pueda generar anualmente, quedando mercado para la biomasa procedente de cultivos energéticos y de residuos agrícolas.
- Para crear un mercado estable de biomasa forestal residual sería conveniente establecer una prima a la producción que estimule el aprovechamiento del residuo por parte de los propietarios forestales para ponerlo en el mercado a unos precios competitivos. Esta prima a la producción estaría basada en criterios de sostenibilidad para evitar impactos negativos sobre el medio ambiente.

3. SEGUNDA PARTE: ÁMBITOS DE ACTUACIÓN Y MEDIDAS PROPUESTAS

3.1. Ámbitos de actuación

Con el fin de organizar las propuestas de actuación que se derivan de la presente Estrategia, se han definido cuatro ámbitos en que las medidas propuestas se encuadran, que tienen por función avanzar los criterios, de naturaleza horizontal, a los que deberían ajustarse los planes sectoriales, ya que su carácter neutral las hace aplicables a todos o casi todos los sectores.

La puesta en marcha de muchas de las medidas propuestas es impensable sin la activa colaboración de diversas instituciones públicas y privadas y de la sociedad en general. En este sentido, las Comunidades Autónomas tendrán una especial responsabilidad, al recaer sobre ellas las competencias en cuyo ámbito se enmarcan estas medidas.

Ámbitos de actuación propuestos:

- Producción del recurso.
- Consumo del recurso.
- Mecanismos del mercado.
- Investigación, desarrollo e innovación.

3.2. Medidas

Las medidas concretas a desarrollar se establecen dentro de cada una de las líneas directrices planteadas.

Producción del recurso

- Establecer programas plurianuales de ayudas específicas a los selvicultores destinadas a fomentar la realización de tratamientos selvícolas, cuyos productos vayan destinados a la aplicación energética, que sean inviables económicamente en otras circunstancias y que contribuyan a su vez a lograr una mejor situación de los montes.
- Fomentar la creación de operadores logísticos especializados por comarcas para la recepción de la biomasa forestal residual del monte, su preparado, almacenado y distribución. Deberán ser empresas con la capacidad financiera suficiente para disponer de la maquinaria e instalaciones adecuadas, que permita la puesta en el mercado de cantidades de biomasa residual que en este momento no se extraen por falta de infraestructura empresarial disponible .

- Fomentar la inclusión de los aprovechamientos de biomasa forestal residual en la ordenación de montes, donde se considere la necesidad de dotar a los montes de accesos adecuados para sacar la biomasa a precios razonables.
- Establecer la regulación específica del transporte de madera y productos forestales para homologarla con la situación europea y permitir la rentabilidad del mismo hasta donde sea posible.

Consumo del recurso

- Establecer ayudas específicas para las administraciones locales para fomentar el uso de la biomasa forestal residual como combustible para las necesidades de calor de la pequeña industria rural y para la implementación de calefacción central en pequeños municipios ("District Heating").
- Establecer intercambios de experiencia con otros países de la unión europea donde se este utilizando ya la biomasa forestal residual.
- Establecer los parámetros base de calidad del aire para las calderas de biomasa teniendo en cuenta el BREF (Documento de Referencia de las Mejores Técnicas Disponibles. JRC-IPTS Sevilla) para plantas de combustión.
- Impulsar junto con los fabricantes de calderas de biomasa la tecnología adecuada para poder asegurar la disponibilidad de los equipos necesarios para el uso con fines energéticos de la biomasa forestal residual, incluyendo los elementos de filtrado y depuración del aire.

Mecanismos del mercado

- Fomentar el establecimiento de contratos de suministro de biomasa a largo plazo.
- Fomentar la creación de una mesa de diálogo a nivel nacional monte-Industria forestal-Generador energía-proveedor de bienes de equipo, que posibilite el intercambio de información entre los diferentes agentes implicados para llegar a acuerdos mutuamente beneficiosos.

Investigación, Desarrollo e Innovación

- Impulsar proyectos de I+D+I para mejorar y abaratar la recogida y transporte del residuo, a través de la modernización y mejora de la maquinaria existente.
- Fomentar proyectos de I+D+I que busquen el aumento de la eficiencia energética de las centrales de biomasa forestal residual.
- Impulsar la investigación sobre un sistema de trazabilidad de la biomasa forestal como recurso energético.

4. TERCERA PARTE: APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA ESTRATEGIA DEL USO DE LA BIOMASA FORESTAL CON FINES ENERGÉTICOS

Con el objeto de realizar la aplicación y seguimiento de la Estrategia del uso de la biomasa forestal con fines energéticos, se designará una Unidad Técnica que, entre otras actividades se encargará de:

- Realizar el seguimiento de la Estrategia mediante la evaluación de la incidencia social y medioambiental del uso de biomasa como recurso energético.
- Proponer iniciativas para llevar a cabo las medidas previstas
- Informar a los agentes implicados (Departamentos Ministeriales, Comunidades Autónomas, etc.)
- Comunicar los resultados e iniciativas de la Estrategia al órgano de participación pública correspondiente a cada escala.

Se definirán los calendarios para la recopilación de la información y elaboración de informes anuales donde se evalúe el grado de desarrollo, consecución y oportunidad de las diferentes medidas propuestas, así como su actualización, y donde se recojan las medidas para su puesta en marcha. Dichos informes se publicaran periódicamente según proceda.

Esta estrategia forma parte del Plan Forestal Español; por lo que, sin perjuicio de que se considere necesaria su revisión de manera específica, se revisará al menos cuando se revise el Plan Forestal Español.

ANEJOS

Anejo 1. Aplicaciones energéticas de la biomasa forestal

Consideraciones generales

La biomasa era la fuente energética más importante para la humanidad. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía primaria.

La energía de la biomasa corresponde a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, bien sea a través de su quema directa o su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define la energía procedente de la biomasa como *"toda energía obtenida a partir de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos primarios y secundarios derivados de los bosques, árboles y otra vegetación existente en terrenos forestales"*.

Existen varios métodos para transformar la biomasa en energía, los más utilizados son los métodos termoquímicos y los biológicos.

a) Los métodos termoquímicos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están muy desarrollados para la biomasa seca. Hay tres tipos de procesos que dependen de la cantidad de oxígeno presente en la transformación:

- ▶ **Combustión.** Se somete a la biomasa a altas temperaturas con exceso de oxígeno. Es el método tradicional para la obtención de calor en entornos domésticos, para la producción de calor industrial o para la generación de energía eléctrica.
- ▶ **Pirólisis.** Se somete a la biomasa altas temperaturas (alrededor de 500°C) sin presencia de oxígeno. Se utiliza para producir carbón vegetal y también para obtener combustibles líquidos semejantes a los hidrocarburos.
- ▶ **Gasificación.** Se somete a la biomasa a muy altas temperaturas en presencia de cantidades limitadas de oxígeno, las necesarias para conseguir así una combustión completa. Según se utilice aire u oxígeno puro, se obtienen dos productos distintos, en el primer caso se obtiene gasógeno o gas pobre, este gas puede utilizarse para obtener electricidad y vapor, en el segundo caso, se opera en un gasificador con oxígeno y vapor de agua y lo que se obtiene es gas de síntesis. La

importancia del gas de síntesis radica en que puede ser transformado en combustible líquido.

b) Los métodos biológicos se basan en la utilización de diversos tipos de microorganismos que degradan las moléculas a compuestos más simples de alta densidad energética. Son métodos adecuados para biomasa de alto contenido en humedad, los más conocidos son la fermentación alcohólica para producir etanol y la digestión anaerobia, para producir metano.

La transformación de la biomasa puede dar origen a distintas energías:

- **Energía térmica.** Generación de calor y, en ciertos casos, de agua caliente. Es la aplicación más extendida de la biomasa natural y residual. Los sistemas de combustión directa se pueden utilizar directamente para cocinar alimentos, para calefacción o secado.
- **Energía eléctrica.** Producción de energía eléctrica Se obtiene, sobre todo, a partir de la transformación de biomasa procedente de cultivos energéticos, de la biomasa forestal primaria y de los residuos de las industrias. En determinados procesos, el biogás resultante de la fermentación de la biomasa también se puede utilizar para la producción de electricidad. La tecnología a utilizar para conseguir energía eléctrica depende del tipo y cantidad de biomasa:
 - **Ciclo de vapor:** está basado en la combustión de biomasa, a partir de la cual se genera vapor que es posteriormente expandido en una turbina.
 - **Turbina de gas:** utiliza gas de síntesis procedente de la gasificación de un recurso sólido. Si los gases de escape de la turbina se aprovechan en un ciclo de vapor se habla de un ciclo combinado.
 - **Motor alternativo:** utiliza gas de síntesis procedente de la gasificación de un recurso sólido o biogás procedente de una digestión anaerobia.
 - **Energía mecánica.** Son los biocombustibles, pueden sustituir total o parcialmente a los combustibles fósiles, permitiendo alimentar motores de gasolina con bioalcoholes y motores diesel con bioaceites. En muchos países, este tipo de combustibles son ya una realidad, por ejemplo, en Brasil ya son millones los vehículos propulsados con alcohol casi puro obtenido de la caña de azúcar.

La forma de transformar la biomasa en energía depende, fundamentalmente, del tipo de biomasa que se esté tratando y del uso que se quiera dar a esta energía. Los sistemas comerciales para utilizar biomasa residual seca se pueden clasificar en función de que estén basados en la combustión del recurso (hay gran número de calderas para biomasa en el mercado) o en su gasificación. Los sistemas comerciales

para aprovechar la biomasa residual húmeda están basados en la pirólisis. Para ambos tipos de recursos, existen varias tecnologías que posibilitan la obtención de biocarburantes.

Aplicaciones térmicas de la biomasa

La generación de calor puede realizarse a dos niveles:

- A nivel industrial: generación de calor para procesos industriales
- A nivel doméstico: generación de calor y agua caliente para estufas y calderas de uso doméstico

• Aplicaciones térmicas industriales

Muchas industrias utilizan fuentes de biomasa para generar el calor requerido para procesos propios como es el caso del secado de productos agrícolas, extracción de semillas en viveros, producción de cal y ladrillos, etc. Incluso muchas industrias utilizan la biomasa como fuente para generación de calefacción y agua caliente sanitaria para sus instalaciones. Las calderas de estas industrias constan de una cámara de combustión en la parte inferior en las que se quema el combustible; los gases de la combustión se hacen pasar por el intercambiador de calor transfiriéndolo al agua o se utilizan de forma directa o indirecta para el secado de otros materiales.

Según el Plan de Energías Renovables en España 2005-2010, los parámetros que definen una caldera industrial para el aprovechamiento de la biomasa con fines térmicos son los especificados en el siguiente cuadro:

Caldera industrial		
Potencia bruta	1.000 kW	
Rendimiento global	80,0%	
Vida útil	20 años	
Horas operación anual	5.000 h/año	
Cantidad de biomasa consumida	PCI _n =3.000 kcal/kg	1.792 t/año
Costes de biomasa	84,8 €/tep	36.000 €/año
Costes de Operación y Mantenimiento	114 €/tep	49.000 €/año
Inversión	73 €/kW	72.740 €
Producción energética	430 tep/año	

• Aplicaciones térmicas domésticas

Una de las principales posibilidades de uso de la biomasa como energía térmica es la calefacción y el agua caliente sanitaria (ACS).

La tecnología desarrollada para el abastecimiento de calefacción y ACS está basada principalmente en calderas cuyo combustible está en forma de pellets o astillas. Existen, incluso, calderas que admiten ambos tipos de material.

La pelletización de la biomasa es una de las mejores alternativas para la densificación del material biomásico. Mediante este proceso se obtiene un combustible homogéneo y más densificado (600 kg/m³ frente a los 200 kg/m³ de densidad de la madera astillada). Esta densificación del material biomásico evita problemas originados por la presencia de polvo y de manipulación.

A pesar de ser más costosa su producción, los pellets tienen mayor rendimiento energético y menores problemas en su uso que las astillas.

En la actualidad la tecnología de calderas de pellets es muy similar a la de calderas domésticas de gasóleo. El fomento de los pellets como combustible con fines térmicos por particulares y edificios públicos sería un gran objetivo ya que se trata de una energía renovable y supondría un gran impulso al empleo de la biomasa.

➤ **Viviendas individuales**

Las calderas empleadas para el abastecimiento de calefacción y agua caliente sanitaria en viviendas particulares son calderas de pequeñas dimensiones de 40 a 100 kW.

➤ **Sistema Centralizado de Calor (*District-heating*)**

El Sistema Centralizado de Calor (*District-Heating*) es una tecnología innovadora y ecológica, bien probada y desarrollada; consta de unas pequeñas plantas de aprovechamiento de biomasa, generalmente de entre 0,1 a 5 MW, formadas por un horno-caldera con una red de distribución que proporciona calor y agua caliente sanitaria a partir de una serie de tuberías, intercambiadores, bombas y contajes para usos residenciales, industriales o servicios, con la posibilidad de generar energía eléctrica en función del tamaño de la caldera. Esta tecnología es una solución centralizada de calefacción idónea para cubrir instalaciones municipales, grupos de edificios, urbanizaciones o polígonos industriales.

El uso de calor está controlado constantemente de manera que se garantiza un elevado grado de confort para cada usuario, al tiempo que se disminuye el consumo energético.

Según el Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 los parámetros que definen una instalación del tipo de aprovechamiento de la biomasa con fines térmicos en una red centralizada de calefacción son:

Red centralizada de calefacción		
Potencia bruta	6.000 kW	
Rendimiento de transformación	85,0%	
Rendimiento de transporte	90,0%	
Vida útil	20 años	
Horas operación anual	820 h/año	
Cantidad de biomasa consumida	PCI _r =3.500 kcal/kg	1.580 t/año
Costes de biomasa	224 €/tep	94.800 €/año
Costes de extracción	384 €/tep	162.450 €/año
Inversión	282 €/tep	1,69 M€
Producción energética	423 tep/año	

El rendimiento de transformación incluye las pérdidas que se producen hasta la salida de la central térmica, debidas por ejemplo a la humedad del material, a pérdidas por rendimiento de la combustión, por rendimiento en el intercambiador de la caldera, etc. Estas pérdidas se pueden valorar en el 40 %.

El rendimiento en el transporte se debe principalmente a pérdidas de energía térmica en el traslado del agua hasta la vivienda (es imposible un aislamiento térmico perfecto), a pérdidas de calor en el intercambiador de placa de la vivienda (tanto de agua caliente sanitaria como de calefacción) y a pérdidas en el circuito de retorno. Las pérdidas de transporte alcanzan el valor de 0,05 %.

El rendimiento total de la instalación alcanza valores de 57-60 %.

Aplicaciones eléctricas

La generación de electricidad a partir de biomasa se realiza por combustión directa de la misma; a partir de una caldera se genera vapor a alta presión que hace girar una turbina y esta a un alternador.

Aplicaciones mixtas. Cogeneración

Otra de las posibilidades de uso de la biomasa es la cogeneración. Esta aplicación consiste en la generación simultánea de calor y electricidad -producción conjunta de energía térmica y eléctrica- ya que resulta más eficiente que la generación de ambos por separado.

Se basa en el aprovechamiento de los calores residuales de los sistemas de producción de electricidad: en la producción de energía eléctrica se dispone una energía térmica residual bien en forma de gases calientes de escape de los motores, bien en forma de vapor de contrapresión en las turbinas de vapor que puede ser aprovechado para otros procesos industriales (fases de secado, etc.) y calefacción y agua caliente sanitaria.

Las plantas de cogeneración están capacitadas para la producción de más de 5 MW de energía eléctrica a partir de biomasa forestal, aprovechando parte del vapor producido para generar energía calorífica.

La cogeneración interesante en instalaciones en donde tanto el consumo térmico como el eléctrico son elevados.

Co-combustión

La co-combustión es una tecnología de desarrollo relativamente reciente, consistente en la sustitución de parte del combustible fósil empleado en la central, entre el 5-20 % en energía, por biomasa. Aunque este porcentaje sea pequeño, debido al gran tamaño de las centrales, el resultado final es la producción de una muy importante cantidad de energía eléctrica con este combustible renovable.

Mediante la co-combustión, se puede aprovechar gran parte de la infraestructura existente en cada central (ciclo de vapor, sistemas eléctricos, sistemas de refrigeración y, al menos, parte de la caldera) por lo que la inversión necesaria se limita a los equipos destinados a preparar la biomasa para su entrada en la caldera (secado y molienda).

Las instalaciones de co-combustión se caracterizan por un mayor rendimiento de generación, por una mayor potencia instalada y, por lo tanto, por una mayor demanda de biomasa que las instalaciones específicas de biomasa. Una central de co-combustión posibilita una gran flexibilidad y una fácil adaptación a la disponibilidad de biomasa en cada momento.

Las menores limitaciones en cuanto a calidad del combustible dan lugar a reducciones en los costes en el origen, sin embargo la mayor distancia media de transporte y la necesidad de utilizar mayor cantidad de recursos actúan subiendo el precio en planta.

La co-combustión se convierte en una manera sencilla y económica de aumentar a corto plazo el consumo de biomasa en detrimento de los combustibles fósiles, sin embargo, el alto coste de la biomasa residual hace que la penetración de esta tecnología sólo sea rentable, hoy por hoy, contando con primas aplicables a la generación de energía eléctrica con biomasa.

Anejo 2. Metodología para la determinación de la biomasa forestal potencialmente disponible en España

La metodología seguida en la determinación de la biomasa forestal potencialmente disponible estuvo basada fundamentalmente en la desarrollada en el "*Plan de Fomento de la utilización de los residuos forestales y agrícolas con fines energéticos: Evaluación de los residuos forestales y agrícolas potenciales en España*"² y en la desarrollada en el "*Estudio de los recursos de fitomasa en la zona 1 de la Comunidad Autónoma de Galicia*"³.

Para el análisis se utilizan diversas bases cartográficas:

- Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50). Proporciona información de los sistemas forestales arbolados o con arbolado ralo.
- Mapa Forestal de España 1:200.000 (MFE200). Permite obtener información de la fracción de matorral de las superficies desarboladas.
- Mapa de pendientes. Se distinguen tres rangos de pendientes según la dificultad de mecanización de los trabajos. Estos rangos serán menor del 12,5 %, entre el 12,5 y el 25 %, entre el 25 y el 35 % y mayor del 35 %. Por encima del 35% la mecanización se considera inviable o muy dificultosa.
- Mapa de altitudes. No se va a considerar como aprovechable la vegetación por encima de 1.700 metros de altitud, por razones ecológicas.
- Mapa de figuras de protección. Parques Nacionales, Parques Naturales, LIC's, ZEPA's, Reservas de la biosfera, ZEPIM, RAMSAR, etc. En éstas se establecen limitaciones a la utilización de la biomasa.
- Mapa de Red Viaria (B.C.N. 200.000). Mapa necesario a la hora del cálculo de los costes de la extracción y puesta del material biomásico a pie de central.

La información cartográfica será completada con los datos del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) y en su defecto (provincias en las que no se haya finalizado dicho inventario) será reemplazado por la información del Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN2).

² Plan realizado por Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC) en colaboración con las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Agrónomos y de Montes, para el Instituto de la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) para el cálculo de la biomasa arbórea y en la desarrollada en el "*Estudio de los recursos de fitomasa en la zona 1 de la Comunidad Autónoma de Galicia*",

³ Estudio realizado por Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC) para Gestión Energética de Galicia, S.A. (GESTENGA) para el cálculo de la biomasa procedente de matorral.

Se realizan una serie de cruces de información:

1- Cruce de la información del MFE50 y del IFN3.

Con este cruce se obtiene toda la información necesaria para el cálculo en sistemas forestales arbolados ($F_{cc} \text{ arbórea} > 20\%$) y con arbolado ralo ($5 < F_{cc} \text{ arbórea} < 20\%$) de la biomasa de la fracción arbolada y del matorral tanto bajo arbolado como en arbolado ralo; el MFE50 posee toda la información necesaria para el cálculo de la biomasa procedente de la parte arbolada pero no da información sobre la parte de matorral, información que se puede obtener a partir de los estratos del IFN3 por lo que es necesario este cruce; es decir, a partir de este cruce se obtiene la información sobre el tipo estructural de los sistemas forestales que le falta al MFE50, y los cuales dan la información necesaria para el cálculo de la biomasa procedente del matorral en sistemas forestales arbolados y con arbolado ralo. En las provincias donde no se ha finalizado el IFN3 se utilizará para este cruce el IFN2. También puede ocurrir que no se disponga del MFE50 de alguna provincia.

2- Cruce MFE 1:50.000 y MFE 1:200.000.

Con este cruce obtenemos información necesaria para el cálculo de la biomasa procedente del matorral de sistemas forestales desarbolados ($F_{cc} \text{ arbórea} < 5\%$). El MFE50, como ya se ha dicho, por sí sólo no proporciona información de la parte de matorral y por tanto aunque posee información sobre los sistemas forestales arbolados y parte de los sistemas forestales con arbolado ralo, no proporciona ninguna sobre sistemas forestales desarbolados, por lo que esta parte sin información se cruza con el MFE200 con cuyo cruce se obtienen los datos necesarios para el cálculo de la biomasa procedente del matorral de estos sistemas.

3- Cruce del resultado obtenido con el mapa de pendientes.

La restricción consiste en eliminar las teselas con pendientes $> 35\%$, ya que pendientes superiores dificultan la mecanización y obligan a utilizar skidders (que producen mayores daños en el suelo) o saca con cable (muy poco práctico para la saca de restos debido a las pequeñas dimensiones de estos). Esta restricción también se fundamenta en razones de protección del suelo frente al riesgo erosivo.

4- Cruce del resultado obtenido con el mapa de altitudes.

Este cruce se realiza por la función ecológica de la vegetación presente a partir de ciertas altitudes. Así pues, únicamente se consideran las teselas en altitudes inferiores a 1.700 metros.

5- Cruce del resultado obtenido con el mapa de Figuras de Protección.

Las teselas pertenecientes a Parques Nacionales directamente no se van a considerar porque sobre ellas el Plan Director de PPNN recomienda no actuar. En cuanto a las teselas que pertenecen a Parques Naturales, ZEPA's, LIC's, RAMSAR, ZEPIM y Reservas de la Biosfera sólo se contabilizarán los restos del vuelo arbóreo. Es decir, en las teselas contenidas en estos ENP no se considera aprovechable el matorral en cualquiera de los sistemas forestales, como medida de protección de los ecosistemas y hábitats existentes.

6- Cruce del resultado obtenido con el mapa de Red Viaria.

Este cruce es importante a la hora de calcular los costes tanto de saca del monte a cargadero o parque de madera como de transporte hasta la central por carretera.

Una vez que se tienen los datos de las teselas (mayores o iguales a 1 hectárea) potencialmente aprovechables de los sistemas forestales arbolados, con arbolado ralo y desarbolados, se unifican todos los datos en una misma base de datos que da el "Mapa de vegetación potencialmente aprovechable" sobre el que se va a trabajar.

A este mapa, además hay que hacerle tres restricciones más en la base de datos (en la que, como ya se ha explicado, hay información de cada tesela procedente del IFN3/IFN2, MFE 1:50.000 y el MFE 1:200.000):

- En la base de datos se va a eliminar todas las teselas de uso no forestal, y dentro de las de uso forestal se van a utilizar sólo con las de tipo de estructura (dato del IFN 3) que se corresponden con bosques, plantaciones, bosques adhesados, matorral y pastizal-matorral.
- Sólo se consideran especies de interés forestal, es decir, aquellas que han producido un mínimo de 50.000 m³/año de madera (de acuerdo con los datos del Anuario de Estadística Agraria del M.A.P.A.) o que la superficie forestal que ocupan supera las 10.000 ha (según los datos del Inventario Forestal). Dentro de las cuales no se van a aprovechar por supuesto, especies o formaciones con funciones ecológicas (como la garriga), especies protegidas o con distintos problemas como es el de almacenamiento en el caso de los *Cistus* (la experiencia ha demostrado que la especie *Cistus ladanifer*, por ejemplo, tiene problemas en su almacenamiento debido al efecto de compactación que producen sus aceites; cabría líneas de estudio para otras especies de este género). En la siguiente tabla se enumeran las especies, tanto arbóreas como de matorral, que se consideran de interés forestal.

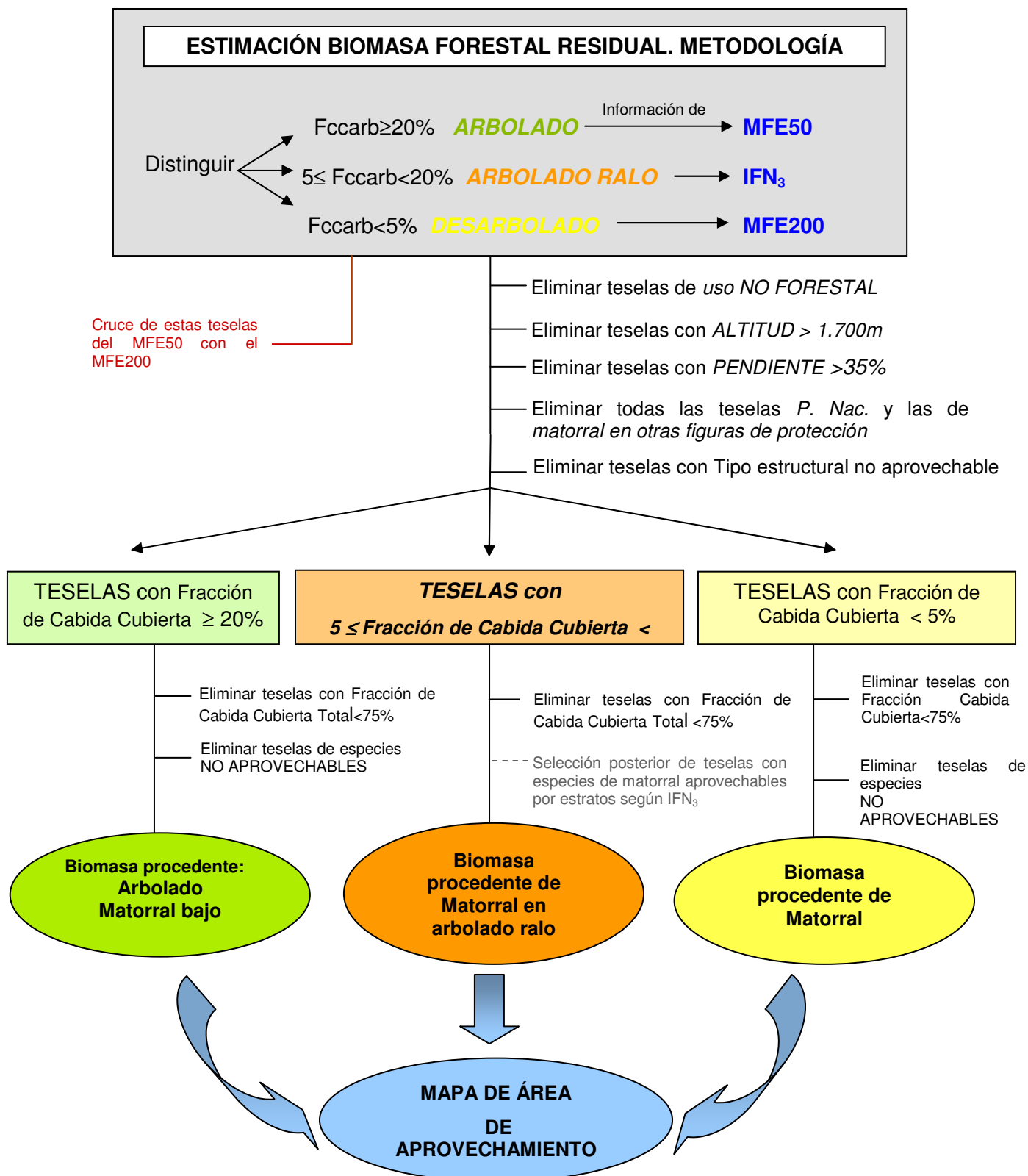
Especies arbóreas	
<i>Castanea sativa</i>	<i>Populus alba</i>
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Populus nigra</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Populus tremula</i>

Especies arbóreas	
<i>Eucalyptus nitens</i>	<i>Populus x canadensis</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Quercus faginea</i>
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Pinus uncinata</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Pinus nigra</i>	<i>Quercus pubescens</i>
<i>Pinus pinaster</i>	<i>Quercus canariensis</i>
<i>Pinus pinea</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>
<i>Pinus radiata</i>	<i>Quercus suber</i>
Especies de matorral	
<i>Ulex spp.</i>	<i>Genista spp.</i>
<i>Erica spp.</i>	<i>Retama spp.</i>
<i>Cytisus spp.</i>	

- Sólo se consideran aprovechables aquellas teselas con fracción de cabida cubierta total (arbórea y de matorral conjuntas) mayor del 75%, justificado desde el punto de vista de la rentabilidad y protección al suelo frente a riesgos erosivos.

El resultado de todo lo anterior es un "Mapa de área aprovechamiento" y es a partir de este del que se realizarán todos los cálculos para la obtención de la biomasa forestal residual.

En el esquema de la página siguiente se desarrolla en líneas generales la metodología seguida a la hora de la identificación de los distintos tipos de biomasa disponibles. El resultado es el producto de una metodología de cálculo muy conservadora. No quiere decirse con ello que esta Estrategia considera que no debe extraerse biomasa residual de zonas de alta pendiente en todos los casos, de todas las zonas protegidas, o por encima de cierta altitud, etc., sino que a efectos de cálculo se prescinde de estas zonas a expensas de las limitaciones que pudiesen tener, permaneciendo el cálculo por defecto



En todo aprovechamiento forestal se genera una serie de productos que no son utilizables y que quedan como residuos sobre la superficie de actuación. La biomasa contenida en estos residuos puede llegar a tener una cuantía considerable.

Hay que puntualizar que el término "aprovechamiento" no solamente engloba la explotación de masas arboladas con la finalidad de obtener madera y con un objetivo claramente económico (aprovechamiento final), sino que también incluye todo tipo de actuación selvícola que se desarrolle sobre los sistemas forestales con el fin de mejorar sus condiciones.

La cantidad de residuo generado varía considerablemente en función del tipo de aprovechamiento.

La tipología de aprovechamientos forestales comúnmente aceptada es la siguiente:

- Tratamientos selvícolas sobre el vuelo aéreo:
 - Tratamientos que no supongan la corta de árboles: podas, olivaciones (podas menos intensas que están orientadas a la formación de copas, normalmente en especies como el pino piñonero o el alcornoque) o trasmoches (cortar todas las ramas de un árbol, dejando solo el fuste).
 - Tratamientos intermedios o de mejora (sobre masas forestales no destinadas a ser cortadas como aprovechamiento final, sino como un objetivo de mejorar la masa que queda en pie, obteniendo en ocasiones un rendimiento económico). Se dividen claras y clareos; la diferencia entre uno y otro es que los clareos se realizan sobre árboles de pequeñas dimensiones y sin obtener un rendimiento económico del aprovechamiento, y las claras se realizan sobre árboles de mayores dimensiones en las que ocasionalmente se obtienen rendimientos económicos del aprovechamiento. Los clareos se realizan generalmente sobre masas en el primer tercio de la edad de aprovechamiento del arbolado, mientras que las claras normalmente sobre masas que se encuentren entre el primer tercio y los dos tercios de la edad de aprovechamiento final del arbolado.
 - Tratamientos finales (sobre masas forestales destinadas a ser cortadas para su aprovechamiento final y provocar la regeneración de la superficie, con un importante objetivo económico). Si actúan sobre toda la superficie de una zona, eliminando toda o casi toda la masa arbórea se denominan *cortas a hecho*; si actúan dejando una importante proporción de árboles en pie que permitan la diseminación de la semilla, se denominan *aclareo sucesivo*. Aunque existe otro tipo de tratamientos (entresaca, huroneo, etc.) no son contemplados en este estudio.

- Tratamientos selvícolas sobre el vuelo no aéreo: engloban desbroces y descuajes sobre el matorral. Suponen un coste importante, motivo por el cual se llevan a cabo tan sólo de forma puntual (prevención de incendios forestales, como trabajos previos a repoblaciones forestales, etc.), además de cuestionarse su interés desde el punto de vista ecológico, de biodiversidad o de paisaje si se hacen de manera indiscriminada.

Metodología para el cálculo de la biomasa procedente de la fracción arbórea

La biomasa obtenida de estos sistemas forestales está formada por los restos de los tratamientos selvícolas realizados para el mantenimiento, mejora y renovación de los montes y de las masas forestales. Estos trabajos generan una cantidad importante de residuos que de no ser retirados o eliminados pueden convertirse en un factor de alto riesgo en la aparición y propagación de plagas e incendios forestales.

En la biomasa procedente de los sistemas forestales arbolados se va a incluir los restos de los tratamientos selvícolas sobre el vuelo arbóreo (claras, aclareos y cortas finales) y la totalidad de la biomasa extraída en los clareos, ya que estos últimos no suelen ser comercializables. Además van a ser aprovechados los restos procedentes de desbroces del matorral existente bajo el arbolado. Por tanto es necesario establecer dos metodologías distintas ya sea para el cálculo de la biomasa procedente del arbolado, y para la procedente del matorral bajo arbolado.

La suma de los resultados de ambas metodologías proporciona la cantidad de biomasa anual disponible en los sistemas forestales arbolados.

Esta metodología tiene como objeto la evaluación de los restos de intervenciones sobre el arbolado y se fundamenta en la metodología desarrollada en el "*Plan de Fomento de la utilización de los residuos forestales y agrícolas con fines energéticos: Evaluación de los residuos forestales y agrícolas potenciales en España*", realizado por Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC) en colaboración con las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Agrónomos y de Montes de la UPM, para el Instituto de la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).

1. En primer lugar se establecen las principales intervenciones selvícolas características de cada una de las especies consideradas como aprovechables (clareos, claras, aclareos y cortas finales) y se determina el turno más frecuente de cada una de ellas. Estos datos constituyen la base sobre la que se asienta el procedimiento de cálculo.

2. A continuación se determina el peso de la *biomasa verde por hectárea*, en t/ha, que proporciona cada intervención selvícola. Salvo en el caso de los clareos y podas, esta biomasa se refiere a las ramas, ramillas y hojas (fundamentalmente a las ramas gruesas) que quedan tras aprovecharse el fuste, siendo la *posibilidad potencial anual* de

biomasa, en t/ha·año, que proporciona cada especie arbórea a lo largo de su turno la suma de la biomasa que proporciona cada intervención silvícola. Esta posibilidad anual es "teórica" puesto que está calculada a partir de tablas de producción, que se encuentran referidas a fracciones de cabida cubierta arbórea del 100%.

Las especies susceptibles de aprovechamiento energético son aquellas que han producido un mínimo de 50.000 m³/año de madera (de acuerdo con los datos del Anuario de Estadística Agraria del M.A.P.A.) o que la superficie forestal que ocupan supera las 10.000 ha (según los datos del Inventario Forestal).

En la siguiente tabla se resumen las especies arbóreas susceptibles de aprovechamiento en la zona y su posibilidad anual real de biomasa por unidad de superficie⁴.

Especie	Posibilidad potencial anual (t/ha)
<i>Castanea sativa</i>	0,05
<i>Eucalyptus globulus</i> norte	7,46
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> norte	7,46
<i>Eucalyptus nitens</i> norte	7,46
<i>Eucalyptus globulus</i> sur	0,90
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> sur	0,90
<i>Eucalyptus nitens</i> sur	0,90
<i>Fagus sylvatica</i>	0,46
<i>Pinus halepensis</i>	1,76
<i>Pinus sylvestris</i>	1,98
<i>Pinus uncinata</i>	1,98
<i>Pinus nigra</i>	1,98
<i>Pinus pinaster</i> norte	3,48
<i>Pinus pinaster</i> centro	1,51
<i>Pinus pinea</i>	1,76
<i>Pinus radiata</i>	3,96
<i>Populus alba</i>	6,30
<i>Populus nigra</i>	6,30
<i>Populus tremula</i>	6,30
<i>Populus x canadensis</i>	6,30
<i>Quercus robur</i>	0,36
<i>Quercus faginea</i>	0,99
<i>Quercus ilex</i>	1,42
<i>Quercus petraea</i>	0,36
<i>Quercus pubescens</i>	3,50

⁴ Fuente: "Plan de Fomento de la utilización de los residuos forestales y agrícolas con fines energéticos: Evaluación de los residuos forestales y agrícolas potenciales en España" y "Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles" (tablas de producción de Gregorio Montero).

Especie	Posibilidad potencial anual (t/ha)
<i>Quercus pyrenaica</i>	3,50
<i>Quercus suber</i>	0,53

En el caso del género *Eucalytus* spp. y de *Pinus pinaster* se distingue la posibilidad además por la situación geográfica., como puede observarse en la anterior tabla.

La *biomasa anual teóricamente disponible* se determina a partir de la posibilidad potencial anual para cada una de las especies consideradas y la superficie ocupada por cada una de éstas (dato de ocupación dado en el Inventario Forestal y MFE50).

3. La *biomasa anual realmente disponible* se calcula en función de la fracción de cabida cubierta arbórea en cada tesela de vegetación (valor que es conocido para cada uno de los estratos definidos).

4. La *biomasa total anual aprovechable* resulta de aplicar a la biomasa real disponible un coeficiente reductor de recogida de los restos generados en función de la pendiente media en cada una de las teselas de vegetación, el cual es el resultado, entre otras consideraciones, de consideraciones sobre funciones ecológicas (es aconsejable que quede algún resto sobre el terreno), erosivas y dificultad de mecanización de los trabajos. Estos coeficientes de recogida son:

Pendiente media	Biomasa aprovechable	Coficiente
P < 12,5 %	60 % de la biomasa real	0,6
12,5 % < P < 25%	50 % de la biomasa real	0,5
25 % < P < 35%	40 % de la biomasa real	0,4
P > 35 %	20 % de la biomasa real	0,2

Con el objeto de garantizar la conservación de suelos frente a la erosión, la cuantificación va a ser restringida únicamente a aquellas superficies arboladas donde la fracción de cabida cubierta total (matorral y arbolada) sea superior al 75%, superficies que son susceptibles de aprovechamiento.

La biomasa forestal aprovechable total es la suma de las toneladas de restos obtenidas por cada especie y clase de pendiente, en t/año.

ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA

Para cada tesela aprovechable t constituida por i especies arbóreas :

$$\text{Biomasa } t = [\sum (\text{Posibilidad Pot } i * O_i)] * F_{cc} \text{ arb } t * S_t * \text{Coef. recogida } t$$

Biomasa total real anualmente aprovechable de la tesela (t/año)

Siendo,

$$\begin{aligned} C &= 0,6 \text{ si } \text{pte} < 12,5 \% \\ C &= 0,5 \text{ si } 12,5 < \text{pte} < 25\% \\ C &= 0,4 \text{ si } 25 < \text{pte} < 35\% \end{aligned}$$

Posibilidad Pot i , la posibilidad potencial cada especie de la tesela.

O_i , la ocupación de cada especie de la tesela.

S_t , la superficie de la tesela.

$F_{cc} \text{ arb } t$, la fracción de cabida cubierta de la masa arbolada.

La biomasa forestal aprovechable total es la suma de las toneladas de residuo obtenidas por cada especie y clase de pendiente de cada una de las teselas, en t/año.

Metodología para el cálculo de la biomasa procedente de la fracción de matorral bajo arbolado

Esta segunda metodología se desarrolla para el cálculo de la biomasa procedente del desbroce del matorral existente bajo el arbolado y en está basada, salvo ciertas connotaciones, en el "Estudio de los recursos de fitomasa en la zona 1 de la Comunidad Autónoma de Galicia", realizado por Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC) para Gestión Energética de Galicia, S.A. (GESTENGA).

1. El principal tratamiento selvícola que se hace sobre el matorral bajo arbolado el desbroce.
2. Se establecen las especies de matorral consideradas como aprovechables y sus respectivas densidades aparentes, determinadas a partir del peso del matorral que ocupa un metro cúbico (una superficie de 1 m² y una altura de 1 metro):

Especies de matorral	Densidad volumétrica (t/m ³)
<i>Ulex spp.</i>	0,00570
<i>Erica spp.</i>	0,00480
<i>Cytisus spp.</i>	0,00525

Especies de matorral	Densidad volumétrica (t/m ³)
<i>Genista spp.</i>	0,00525
<i>Retama spp.</i>	0,00480

Para la determinación de estas densidades se llevaron a cabo trabajos de campo a través de parcelas de muestreo que establecieron la relación entre la altura y peso del matorral.

Dentro de estos géneros considerados como aprovechables, no se van a aprovechar las especies con algún tipo de protección o aquellas con funciones ecológicas, etc destacables, como es el caso del *Cytisus purgans* o *Cytisus orocantabricus*.

3. A partir de la información del IFN3 (o IFN2 en el caso en el que falte el primero) se obtiene la *posibilidad de cada estrato* de vegetación de cada provincia a partir de la altura media, la presencia, la fracción de cabida cubierta y la densidad de cada especie. Teniendo en cuenta el estrato de cada tesela se calcula la *biomasa total* de la tesela.

4. La *biomasa anual* se calcula a partir de la biomasa total y teniendo en cuenta la duración del periodo de rotación. El periodo de rotación en el matorral bajo arbolado va a depender del turno de la especie arbórea bajo la que se encuentre (por tanto depende de la especie) y de la fracción de cabida cubierta de esta especie arbórea. De modo que para fracciones de cabida cubierta menores del 40% se va a actuar dos veces en turno (del arbolado) bajo el matorral que se encuentra bajo el arbolado y para más del 40% sólo se va a actuar sobre el matorral una única vez. Esto se debe a que en zonas con mayor espesura de la vegetación arbolada tarda más en reestablecerse la cubierta de matorral bajo ella.

5. Del mismo modo que en el caso de la fracción arbolada, siempre es conveniente dejar restos en el suelo, por lo que a la biomasa anual obtenida hay que aplicarle el coeficiente reducto de recogida, ya definido anteriormente por pendientes. Por lo que la aplicación de este coeficiente de recogida proporciona la *biomasa total anual aprovechable*.

ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA

Para cada tesela aprovechable t constituida por i especies arbóreas :

$$\text{Biomasa estrato} = [\sum (\delta \text{ vol } i * \text{Alt } i * \text{Presencia } i * \text{Fcc } i)]$$

$$\text{Biomasa } t = (\text{Biomasa estrato}) * St * \text{Coef. recogida } t / \text{Rotación}$$

Biomasa total real anualmente aprovechable de la tesela (t/año)

Siendo,

$\delta \text{vol } i$, la densidad volumétrica aparente de cada especie i

$\text{Alt } i$, la altura en m de cada especie

$\text{Presencia } i$, el porcentaje de presencia de la especie i .

$\text{Fcc } i$, la fracción de cabida cubierta de la especie i

St , la superficie de la tesela.

Rotación , el número de años entre cada intervención de desbroce

$$\begin{aligned} C &= 0,6 \text{ si } \text{pte} < 12,5 \% \\ C &= 0,5 \text{ si } 12,5 < \text{pte} < 25\% \\ C &= 0,4 \text{ si } 25 < \text{pte} < 35\% \end{aligned}$$

Biomasa procedente de los sistemas forestales con arbolado ralo

El procedimiento desarrollado a la hora de proceder a cuantificar la biomasa aprovechable de estos tipos de sistemas forestales, es similar al considerado en el caso del matorral bajo arbolado en los sistemas forestales arbolados. En primer lugar hay que señalar que este grupo engloba los sistemas que se caracterizan por tener una fracción de cabida cubierta arbórea comprendida entre el 5 y el 20 %. En estos tipos de sistemas forestales sólo se va a considerar la biomasa de la fracción no arbórea, por lo tanto superficies cubiertas por matorral (tojares, retamares, brezales, etc.). Además, como en los casos anteriores, los cálculos de la biomasa existente se establecerán para superficies en las que la fracción de cabida cubierta total sea igual o superior al 75 %.

El cálculo de la biomasa procedente del matorral se realiza siguiendo el mismo procedimiento que en el caso del matorral bajo arbolado de los sistemas forestales arbolados. La única diferencia con los anteriores es el periodo de rotación.

Biomasa procedente de los sistemas forestales desarbolados

El procedimiento desarrollado engloba os ecosistemas considerados desarbolados (fracción de cabida cubierta arbórea menor del 5 %). En estos tipos de sistemas forestales sólo se va a considerar la fracción no arbórea, por lo tanto, se establecen realiza el cálculo de biomasa en superficies cubiertas por matorral (tojares, retamares,

brezales, etc.). Además los cálculos de la biomasa existente se establecerán para superficies en las que la fracción de cabida cubierta total sea igual o superior al 75 %.

De manera resumida se señalan los puntos básicos del procedimiento operativo:

1. El principal tratamiento selvícola que se va a realizar en estos tipos de sistemas forestales es el desbroce del matorral existente.
2. Se establecen las *densidades aparentes* de las diferentes especies de matorral, determinadas a partir del peso del matorral que ocupa un metro cúbico (una superficie de 1 m² y una altura de 1 metro). Estas densidades son las mismas que ya se expusieron en el caso del matorral de los sistemas forestales arbolados. Para la determinación de estas densidades se llevaron a cabo trabajos de campo a través de parcelas de muestreo que establecieron la relación entre la altura y peso del matorral.
3. A continuación se establece la *altura media* que alcanzan las distintas especies en cada uno de los estratos a partir del Tercer Inventario Forestal Nacional en cada una de las provincias.
4. Conocidas las alturas medias y las densidades aparentes se calculan las densidades *reales* como producto de los anteriores datos.
5. La *posibilidad potencial anual* se calcula a partir de las densidades *reales* y teniendo en cuenta la duración del periodo de rotación. Al igual que en el caso de los sistemas forestales con arbolado ralo, el periodo de rotación va a depender de la situación geográfica en la que se encuentre ubicada la central a estudiar.
6. La *biomasa anual teóricamente disponible* se determina a partir de la posibilidad potencial anual para cada una de las especies consideradas y la superficie ocupada por cada una de éstas (dato de ocupación dado en el Inventario Forestal y MFE50).
7. La *biomasa anual realmente disponible* se calcula en función de la fracción de cabida cubierta arbórea en cada tesela de vegetación.
8. La *biomasa total anual aprovechable* resulta de aplicar a la biomasa real disponible un coeficiente reductor de recogida de los restos generados en función de la pendiente media en cada una de las teselas de vegetación, el cual es el resultado, entre otras consideraciones, de consideraciones sobre funciones ecológicas (es aconsejable que quede algún resto sobre el terreno), erosivas y dificultad de mecanización de los trabajos.

ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA

Para cada tesela aprovechable t constituida por i especies de matorral :

$$\delta \text{ volumétrica real } t = \delta \text{ volumétrica ap } i * H \text{ media } i$$

$$\text{Posibilidad anual } t (\text{tn/ha/a}) = \delta \text{ volumétrica real } t / \text{rotación}$$

$$\text{Biomasa } t = \text{Posibilidad anual } t * F \text{ cc } t * S t * \text{Coef. recogida } t$$

Biomasa total real anualmente aprovechable de la tesela (t/año)

Siendo,

$$\begin{aligned} C &= 0,6 \text{ si } \text{pte} < 12,5 \% \\ C &= 0,5 \text{ si } 12,5 < \text{pte} < 25\% \\ C &= 0,4 \text{ si } 25 < \text{pte} < 35\% \end{aligned}$$

δ volumétrica ap i , la densidad volumétrica aparente de la especie i

H media i , la altura media de la especie i

$S t$, la superficie de la tesela.

$F \text{ cc } t$, la fracción de cabida cubierta de la masa desarbolada.

La biomasa forestal aprovechable total es la suma de las toneladas de residuo obtenidas por cada especie y clase de pendiente, en t/año.

Los cálculos de biomasa van a dar resultados de toneladas anuales en verde.

Anejo 3. Metodología aplicada a la determinación de costes y resultados

Consideraciones previas

Las principales actuaciones a realizar son:

- 1-Realización de labores selvícolas (clareo, poda, desbroce), reunión de restos y empacado de los mismos (estas tres actuaciones se van a englobar bajo el término aprovechamiento),
- 2-Saca hasta cargadero de las pacas
- 3-Transporte hasta la central
- 4-Adecuación del material para su uso energético (triturado)

REALIZACIÓN DE LAS INTERVENCIONES SELVÍCOLAS. En el aprovechamiento del vuelo aéreo se van a realizar labores de clareo y poda, es decir, además de la correspondiente poda se apean los pies con diámetros no comercializables (los pies no comercializables son aquellos con diámetro normal inferior a 7 cm). Mientras que en la fracción de matorral la principal labor cultural que se va a llevar a cabo es el desbroce.

En el caso de las intervenciones sobre la fracción arbolada, la máquina empleada por excelencia para la realización de podas y clareos es la motosierra. Para los trabajos en el monte se recomienda la utilización de motosierras para madera fuerte que presentan características adecuadas fundamentalmente en cuanto a potencia, relación peso/potencia y longitud de la espada.

Es importante destacar que todos los tipos de motosierras presentan características comunes como: sistema de antivibración, freno de cadena de activación inmediata, dispositivo tensor lateral de la cadena, lubricación automática de la cadena, bloqueo de arranque, etc.

Por otro lado, para la roza o desbroce de la fracción del matorral, que consiste en la corta del matorral lo más próxima al suelo posible, se empleará la motodesbrozadora, diseñada según su ergonomía. Se considera que van a utilizar motodesbrozadoras manuales de disco portátiles, y el desbroce es selectivo ya que sólo se van a aprovechar especies de interés energético. Para su manejo es imprescindible utilizar unas gafas de protección y se recomienda además el uso de una protección facial mediante una visera protectora.

Al igual que en el caso de las labores sobre la fracción arbolada, esta labor será realizada por peones especializados para el uso de dicha maquinaria.

REUNIÓN DE LA BIOMASA en montones a pie de pista, calle de entresaca o lugar accesible a la maquinaria para su posterior tratamiento. La reunión puede ser mecanizada o combinada (manual y mecanizada) dependiendo de la pendiente en que se trabaje, de modo que en pendientes entre 0 y 25% se reunirán los restos de forma mecanizada mediante un tractor, variando los rendimientos de trabajo según la pendiente (mayor o menor de 12,5%), mientras que en pendientes mayores del 25%, la reunión será combinada, amontonándose los restos manualmente en hileras y siendo recogidos por el tractor el cual trabaja según curvas de nivel.

La reunión de restos mecanizada se realiza mediante un tractor de 60 - 70 CV al que se le acopla un rastrillo dotado de una grapa especial de dos dientes con 2 uñas cada uno (cuatro dientes en total). El tractor se mueve ágilmente entre los árboles que quedan en pie recogiendo los restos. La recogida la realiza mediante los dientes de modo que, con la grapa abierta, los dientes inferiores (más cortos) empujan el material reuniéndolo y cuando reúne un montón considerable lo agarra con los dientes superiores (largos) abrazándolo y trasladándolo a una zona accesible por la empacadora. En un mismo viaje de carga de dicho tractor, éste puede coger restos de distintos lugares peinando la zona abriendo y cerrando la grapa constantemente; es decir, puede recoger material de una zona e ir a otra zona (antes de descargar ante la empacadora) volver a abrir la grapa y empujar tanto el material que ya llevaba como el existente en la nueva zona, cerrando la grapa cuando ha recogido suficiente material y llevándolo a la empacadora o a otra zona accesible por ésta.

EMPACADO DE RESTOS. Una vez amontonados los restos a pie de pista, calle de entresaca o lugar accesible, la empacadora los va procesando formando las pacas. Su función en el aprovechamiento es la de comprimir la biomasa, con el fin de reducir su volumen y conseguir una forma de los restos fácilmente manejable y almacenable, de modo que el rendimiento del transporte aumenta, pues es posible disminuir el volumen de la carga que se acarrea, al igual que aumenta también el rendimiento a la hora del triturado, pues disminuyen los huecos en el interior del haz comprimido, aumentando la superficie de contacto cuchilla-restos respecto a si se introdujese directamente sin comprimir. Lo mismo ocurre con el almacenamiento, ya que se consigue que la superficie necesaria para una masa determinada menor.

La empacadora de residuos forestales es un autocargador, en el que la caja de carga se ha sustituido por un sistema de compresión y embalaje de los restos forestales, en el que son introducidos por el brazo de grúa y la grapa. Esta grapa cambia con respecto a la de los autocargadores. Al contrario que en estos, que presentan cuatro uñas unidas por piezas que evitan que la carga se caiga, esta tiene las cuatro independientes. El órgano de trabajo de esta máquina consiste en un cilindro montado sobre el semichasis trasero de un tractor forestal de tipo autocargador, unido a este mediante un eje que permite su giro, por lo que puede ser orientado en distintas direcciones. La carga entra por un extremo del cilindro y sale por el otro, en sentido longitudinal, siendo en su interior comprimida y atada mediante cuerdas. Finalmente, una sierra de cadenas

similar a la de una motosierra -accionada por sistema hidráulico- corta el haz a una longitud determinada. La paca cae al suelo sencillamente por que llega al final de la rampa de salida. En resumen, los restos serán recogidos por una pluma que alimenta la empacadora, la cual los procesa formando "fardos" o "pacas", de aproximadamente 3,5 m. de longitud y 70-75 cm de diámetro, compactadas y atadas, de 400 a 600 kg de peso según el contenido de humedad, de forma que el residuo tenga peso suficiente para que se pueda rentabilizar el transporte.

SACA DEL MONTE. Las pacas que han quedado apiladas a pie de pista, calle de entresaca o lugar accesible, se sacan mediante tractor agrícola adaptado de 100 CV que lleva acoplado un remolque (de 6 toneladas de capacidad) y una grúa que va cargando las pacas y las lleva hasta la playa de almacenaje para después ser trasladadas a planta. La velocidad de saca se estima de 15 km/hora.

CARGA EN CAMIÓN Y TRANSPORTE HASTA LA CENTRAL. Este transporte deberá ser realizado por camiones con capacidad de maniobra en las pistas forestales y en los que la relación volumen de carga/carga máxima sea lo mayor posible, por lo que el transporte se realiza mediante un camión de 2 ejes con capacidad máxima de 10 t, el cual tiene mayor capacidad de maniobra en las pistas forestales.

La velocidad media que se va a llevar en este tipo de camión va a ser estimada en 60Km/h.

Las pacas que llegan a la central van a tener una humedad de alrededor del 25-30%.

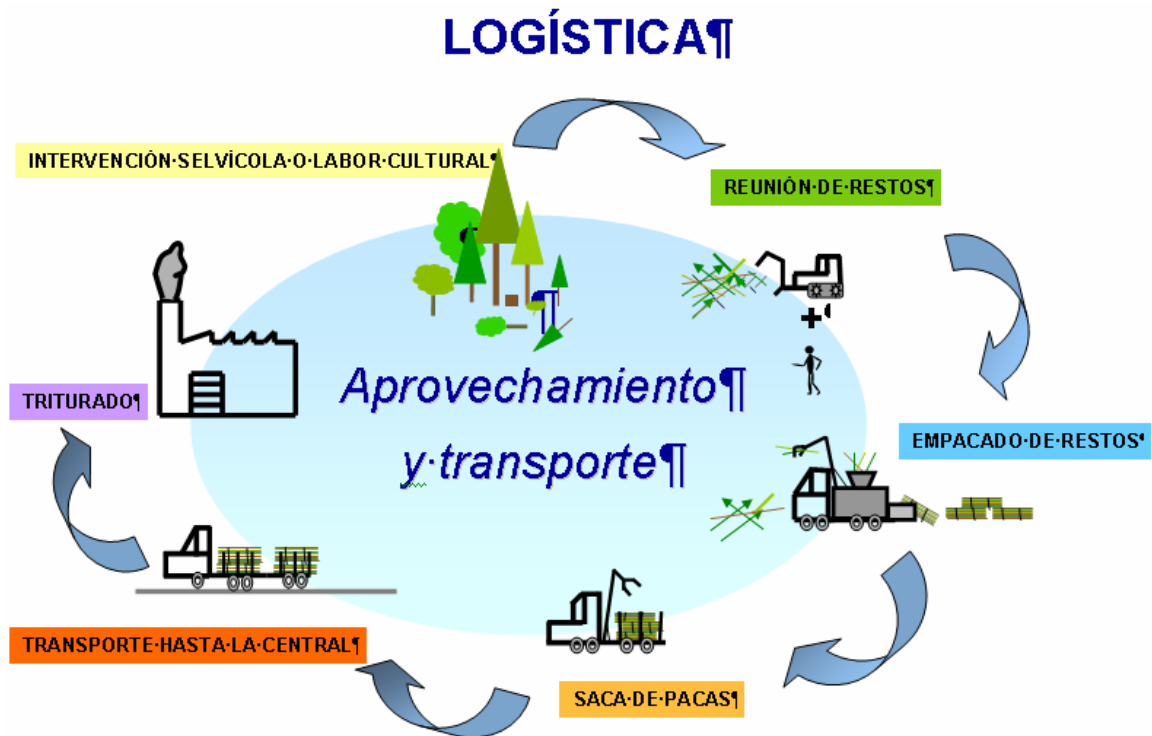
TRITURADO EN CENTRAL. Una vez las pacas en la central es necesaria la adecuación de los restos forestales para su empleo en la valorización energética. Para dicha adecuación es necesario el triturado del material hasta una granulometría adecuada para su entrada en las calderas. Por tanto es necesaria una línea de triturado, además de la pala cargadora que la alimenta.

La instalación para el tratamiento de la biomasa está formada por los siguientes componentes:

- Un PRE-triturador que realiza un primer triturado con un imán superior permanente para la separación de metales (alambres) y un post-quebrantador con peine.
- Una criba de discos para el cribado del material pre-triturado y separación de tierra y piedras
- Un pos-triturador para un segundo triturado con un separador automático compuesto por un detector de metales y una esclusa de extracción.

A partir de este cribado el material alcanza una granulometría de 60-80 mm de modo que esté queda en condiciones para su posterior uso energético

En el siguiente esquema se presenta de forma resumida el método de trabajo a emplear para la obtención de la biomasa procedente de los sistemas forestales:



Metodología para el estudio de costes de biomasa forestal residual potencialmente aprovechable

El estudio de costes se va dividir en:

- 1- Costes de aprovechamiento
- 2- Costes de saca
- 3- Costes de transporte
- 4- Costes de adecuación del material (triturado).

A la hora del estudio de costes de aprovechamiento se van a diferenciar los costes de aprovechamiento de la fracción arbórea y los de la fracción de matorral. Es necesario hacer una última distinción a la hora de establecer los costes basada en los distintos rendimientos de trabajo según la pendiente (menores del 12,5 %, entre 12,5 y 25 % y

entre 25 y 35%). Estos rendimientos de trabajo van a influir de forma incipiente en la fase de aprovechamiento.

1- Costes de aprovechamiento de la biomasa

Se van a incluir, bajo el término aprovechamiento, las distintas intervenciones selvícolas y culturales a realizar (clareos, podas y desbroce), la reunión de los restos y su empacado, quedando las pacas dispuestas a pie de pista, calle o lugar accesible por el medio de saca. Se van a tratar por separado los costes de aprovechamiento del arbolado y del matorral.

Costes de intervenciones sobre la fracción arbolada

El cálculo de los costes de aprovechamiento de los residuos forestales de los sistemas arbolados se realiza en función de la especie y del tipo de intervención selvícola. Únicamente se considerará el aprovechamiento de biomasa (con fines energéticos), en aquellas superficies donde sea posible la mecanización de los trabajos, puesto que en caso contrario, los costes se dispararían y desaconsejarían aprovechar. Por esta razón, una de las restricciones iniciales es la de superficies con pendientes inferiores al 35%, ya que a partir de esta pendiente se dificulta la mecanización y se obligaría a la utilización de skidders (que producen un mayor impacto sobre el suelo) o saca con cable que obligaría a la saca manual de los restos de menores dimensiones (encarecería en exceso los costes).

Se realizan clareos y podas, mientras que en los casos de claras, aclareos y cortas finales el trabajo se limita a extraer los restos de dichas intervenciones, ya que estas intervenciones son realizadas con anterioridad a la hora del aprovechamiento comercial de la madera.

Las intervenciones selvícolas son llevadas a cabo por peones especializados dispuestos de motosierras.

Costes de intervención sobre la fracción de matorral (desbroces)

Los costes de obtención de los restos procedentes de las labores de limpieza de los matorrales dependen de las condiciones del monte y fundamentalmente de la orografía del terreno, caracterizada por la pendiente.

La labor de limpieza del monte que se lleva a cabo en el matorral es el desbroce que consiste en la corta, lo más próxima al suelo posible, del matorral existente en la zona de actuación. El desbroce lo efectúan peones especializados provistos de motodesbrozadoras de disco.

Costes de reunión de restos

La reunión consiste en el apilado de los restos en los bordes de las pistas, calles de entresaca o lugares accesibles por la maquinaria para que puedan ser procesados con mayor facilidad por la maquinaria.

El tipo de reunión (manual o mecanizada) depende de la pendiente de la zona de trabajo. De este modo, la reunión de restos en pendientes entre el 0 y el 25% se realiza mecánicamente mediante un tractor que se mueve entre los árboles que quedan en pie recogiendo los restos. En pendientes superiores al 25% (e inferiores al 35%, como ya se ha definido anteriormente) la reunión de restos va a ser combinada, es decir, una parte manual y otra mecanizada. El rendimiento de trabajo del tractor va a ser diferente en función de la pendiente (de 0 a 12,5% y de 12,5 a 35%). Por tanto, se van a dar tres costes distintos para la reunión de restos.

Se va a considerar el mismo rendimiento en la reunión mecanizada en este rango de pendiente que en pendientes entre el 12 y 25% ya que el tractor se mueve por líneas de nivel.

Tanto los costes de las intervenciones selvícolas y labores culturales como los de reunión vienen dados por las tarifas TRAGSA en €/ha. Para la conversión de estos costes en €/t se tiene en cuenta la cantidad de biomasa (en t/ha) que produce cada especie en cada una de las intervenciones selvícolas o labores culturales a lo largo del turno. De modo que, se calculan los costes por especie e intervención selvícola a lo largo del turno en €/t mediante la división de los costes en €/ha entre las densidades en t/ha de restos de cada intervención. Para sacar un coste único por especie se pondera los distintos costes de cada intervención en función de la cantidad de biomasa obtenida en cada una de ellas.

Costes de empaçado

Una vez reunidos los restos en montones a pie de pista, calle o lugar accesible por la maquinaria, se realiza su empaçado. La empacadora realiza el procesado de restos a la razón de 12 pacas a la hora. Estas pacas pesan aproximadamente 500 Kg y tienen un contenido de humedad de 40%. Las pacas quedan apiladas en estos lugares accesibles por la maquinaria que realiza la saca.

2- Costes de saca

La saca de las pacas se lleva a cabo con un tractor al que se le incorpora un remolque

3- Costes de transporte

En este apartado se consideran los costes derivados del traslado del material biomásico a través de vías asfaltadas hasta la planta donde se procederá a su adecuación para su uso energético.

El coste estimado, basado en las Tarifas TRAGSA, se cifra en 9,19 €/t.

4- Costes de triturado

Una vez el material en central hay que adecuarlo para su posterior uso energético. Para ello es necesario un triturado de de las pacas hasta unas dimensiones adecuadas para su introducción en la caldera.

Los costes de adecuación del material se estiman en 5,87 €/t..

Resumen de costes de aprovechamiento

En las siguientes tablas se presenta el resumen de los costes de aprovechamiento:

- 1- Del arbolado, calculados por especie, según tipo de intervención sobre el arbolado y la pendiente del terreno
- 2- Del matorral, calculados por pendiente y considerando una aprovechamiento medio de 15 t/ha

Costes de aprovechamiento de la biomasa forestal residual. Matorral

PENDIENTE	COSTES APROVECHAMIENTO		Coste Saca (€/t)	Coste Transporte central (€/t)	Coste Triturado (€/t)	Coste TOTAL
	Desbroce y Reunión (€/t)	Empacado (€/t)				
Pte < 12,5%	89,99	17,75	3,62	9,19	5,87	126,42
12,5<Pte<25%	90,23					126,66
Pte>25%	118,93					155,36

Costes de aprovechamiento de la biomasa forestal residual. Arbolado

ESPECIE	INTERVENCIÓN	Costes Intervención y Reunión (€/t)			Coste Empacado	Coste Saca	Coste Transporte central	Coste Triturado	COSTE TOTAL (€/t)		
		0-12,5%	12,5-25%	25-35%					0-12,5%	12,5-25%	25-35%
<i>Pinus sylvestris</i> <i>Pinus uncinata</i> <i>Pinus nigra</i>	clareo	38,90	39,18	62,20	17,75	3,62	9,19	5,87	75,33	75,60	98,62
	1ª clara	2,89	3,18	27,09					39,32	39,60	63,51
	2ª clara	1,62	1,78	22,03					38,04	38,21	58,46
	aclareo	1,12	1,24	18,51					37,55	37,66	54,94
	corta final	1,12	1,24	18,51					37,55	37,66	54,94
	Coste ponderado	5,79	5,95	25,23					45,56	45,75	66,09
<i>Pinus pinea</i> <i>Pinus halepensis</i>	entresaca	3,99	4,39	37,40				40,42	40,81	73,82	
<i>Pinus pinaster</i> (Centro)	clareo	39,10	39,38	62,53				75,53	75,81	98,95	
	1ª clara	4,19	4,61	39,27				40,62	41,04	75,70	
	2ª clara	2,45	2,70	22,98				38,88	39,12	59,41	
	1º aclareo	2,16	2,38	29,44				38,59	38,80	65,86	
	2º aclareo	2,16	2,38	29,44				38,59	38,80	65,86	
	Coste ponderado	9,32	9,58	35,42				46,44	46,72	73,16	
<i>Pinus pinaster</i> (Norte)	clareo	92,95	93,62	114,33				129,38	130,04	150,75	
	1ª clara	1,44	1,58	19,58				37,86	38,01	56,00	
	corta final	1,27	1,39	20,87				37,69	37,82	57,30	
	Coste ponderado	9,77	9,95	28,91				68,31	68,62	88,02	
<i>Pinus radiata</i> (<i>insignis</i>)	clareo	31,30	31,52	59,55				67,73	67,95	95,98	
	1ª clara	5,39	5,93	22,73				41,82	42,36	59,16	
	2ª clara	2,32	2,56	31,65				38,75	38,98	68,08	
	corta final	1,09	1,20	18,04				37,52	37,63	54,46	
	Coste ponderado	8,59	8,80	30,82				46,45	46,73	69,42	
<i>Quercus petraea</i>	clareo	63,78	64,24	78,45				100,21	100,66	114,87	

ESPECIE	INTERVENCIÓN	Costes Intervención y Reunión (€/t)			Coste Empacado	Coste Saca	Coste Transporte central	Coste Triturado	COSTE TOTAL (€/t)		
		0-12,5%	12,5-25%	25-35%					0-12,5%	12,5-25%	25-35%
<i>Quercus robur</i>	1ª clara	8,30	9,13	34,98					44,73	45,56	71,41
	2ª clara	6,91	7,61	29,14					43,34	44,03	65,57
	1º aclareo	6,91	7,61	29,14					43,34	44,03	65,57
	2º aclareo	6,91	7,61	29,14					43,34	44,03	65,57
	Coste ponderado	23,24	23,89	44,02					54,99	55,66	76,60
<i>Quercus pyrenaica</i>	resalveo	0,56	0,61	12,75					36,98	37,04	49,17
<i>Quercus pubescens</i> <i>Quercus canariensis</i>	resalveo	0,56	0,61	12,75					36,98	37,04	49,17
<i>Quercus faginea</i>	resalveo	1,96	2,16	26,72					38,39	38,59	63,15
<i>Quercus ilex</i>		1,06	1,17	9,94					37,49	37,59	46,36
<i>Quercus suber</i>	poda	6,59	7,25	27,76					43,01	43,67	64,19
<i>Populus spp</i>	Poda	5,84	6,42	24,59					42,26	42,85	61,02
	Corta final	0,81	0,89	16,12					37,23	37,31	52,54
	Coste ponderado	1,42	2,40	17,15					39,75	40,08	56,78
<i>Eucalyptus spp (Norte)</i>	corta final	0,52	0,58	11,98					36,95	37,00	48,40
<i>Eucalyptus spp (Sur)</i>	corta final	6,48	7,13	27,32					42,91	43,56	63,75
<i>Fagus sylvatica</i>	clareo	50,61	50,97	80,92					87,04	87,40	117,35
	1ª clara	6,57	7,23	27,71					43,00	43,66	64,14
	2ª clara	5,47	6,02	23,07					41,90	42,45	59,50
	1º aclareo	5,47	6,02	23,07					41,90	42,45	59,50
	2º aclareo	5,47	6,02	23,07					41,90	42,45	59,50
	Coste ponderado	18,42	18,93	40,16					51,15	51,68	72,00
<i>Castanea sativa</i>	Corta final	2,69	2,95	25,17					39,11	39,38	61,60

Anejo 4. Estado actual de los instrumentos para el uso de la biomasa forestal

Los países de la Unión Europea constituyen, en su conjunto, la principal potencia mundial en lo que al desarrollo y aplicación de energías renovables se refiere. Esto es producto de la política energética adoptada por la UE en los últimos años, en donde se intenta potenciar la utilización de energías renovables frente a las fuentes de energía fósil. Aún así, la mitad de las necesidades energéticas de los países de la UE siguen estando cubiertas por recursos importados y, dado que se consume cada vez más energía, esta dependencia exterior no cesa de aumentar.

Cuando la UE comienza la elaboración de una estrategia para abordar el problema, se encuentra con que hay que afrontar otros desafíos: la lucha contra el cambio climático y la realización de un mercado interior.

En el año 1997, la UE publica el documento "*Energía para el futuro: fuentes de energía renovables*", el Libro Blanco en donde se intenta establecer una estrategia y un plan de acción comunitarios para la energías renovables; el ambicioso objetivo establecido es el alcanzar el 12 % de aportación de las energías renovables frente al consumo total de energía primaria demanda en el conjunto de la UE en el año 2010. A pesar de que se fueron registrando avances en el campo de las energías renovables, no parecen ser suficientes. Para garantizar el éxito es necesario que la política energética incluya un fuerte control sobre el consumo energético. En lo que respecta al uso energético de la biomasa en aplicaciones térmicas o eléctricas, el objetivo establecido fue el de incrementar la participación de la biomasa en el consumo energético de la Unión Europea en 57 millones de tep (30 millones de tep procedentes de biomasa residual y el resto de cultivos energéticos)

En septiembre de 2001 se aprueba una Directiva del Consejo y del Parlamento Europeo sobre el fomento de la producción de electricidad a partir de las fuentes de energía renovables (Directiva 2001/77/CE, de 27 de septiembre de 2001), cuyo objetivo es conseguir un aumento de la contribución de las fuentes de energía renovables a la generación de electricidad en el mercado interior de la electricidad y sentar las bases de un futuro marco comunitario para el mismo. Se fija como objetivo que el porcentaje de electricidad «verde», energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables, en la UE pase del 14 % en 1997 al 22 % en 2010.

En esta Directiva se indica que los Estados de la UE deben adoptar y publicar, cada cinco años, un informe que establezca, para los 10 años siguientes, los objetivos de consumo futuro de electricidad (FER), así como las medidas a tomar para alcanzarlos. La Comisión Europea propone que los países miembros utilicen una serie de medidas de

apoyo para fomentar el consumo de bioelectricidad, estas medidas pueden consistir en ayudas fiscales, financieras, certificados verdes, etc.

La mayor parte de los países de la UE utilizan sistemas de tarifas o primas mínimas como sistema principal de apoyo e incluyen otros sistemas como pueden ser ayudas a la inversión, créditos fiscales o subastas.

Para hacer frente a la creciente dependencia de la energía importada, la Unión Europea (UE) debe apoyarse en una nueva política energética orientada a la consecución de tres objetivos principales: competitividad, desarrollo sostenible y seguridad del suministro. En tal contexto se elabora, el 7 de diciembre de 2005, el «*Plan de acción sobre la biomasa*» [COM (2005) 628 final - Diario Oficial C 49 de 28.2.2006]. Este Plan presenta una serie de medidas comunitarias con las que se pretende aumentar la demanda de biomasa, reforzar la oferta, eliminar los obstáculos técnicos y desarrollar la investigación

El 19 de octubre de 2006, la Comisión adopta un «*Plan de acción para la eficiencia energética (2007-2012)*» [COM (2006) 545 - no publicada en el Diario Oficial]. Este plan de acción tiene por objeto movilizar al público en general, a los responsables políticos y a los agentes del mercado, y transformar el mercado interior de la energía para ofrecer a los ciudadanos de la Unión Europea (UE) las infraestructuras (incluidos los edificios), los productos (aparatos y automóviles, entre otros), los procesos y los sistemas energéticos más eficientes del mundo. Incluye medidas destinadas a mejorar el rendimiento energético de los productos, los edificios y los servicios; mejorar la eficiencia de la producción y la distribución de energía; reducir el impacto de los transportes en el consumo energético; facilitar la financiación y la realización de inversiones en este ámbito, y suscitar y reforzar un comportamiento racional con respecto al consumo de energía, así como reforzar la acción internacional en materia de eficiencia energética

El objetivo del plan de acción es controlar y reducir la demanda de energía, así como actuar de forma selectiva en relación con el consumo y el abastecimiento de energía, a fin de conseguir ahorrar un 20 % del consumo anual de energía primaria desde la fecha de elaboración hasta el 2020 (con respecto a las previsiones de consumo energético para ese año). Abarca un período de 6 años (del 1 de enero de 2007 al 31 de diciembre de 2012) período considerado suficiente por la Comisión para la adopción y la transposición de la mayoría de las medidas que propone. En 2009 se realizará una evaluación intermedia.

Según el último barómetro de EurObserv'ER se estima que en el año 2005 se generaron 58,67 millones de tep a partir de biomasa procedente tanto de restos agrícolas como forestales, lo que supone un incremento de 3 millones de tep respecto al año anterior (2004), es decir, el sector de la biomasa (forestal y agrícola) creció un 5,6 % a lo largo del 2005.

Instrumentos económicos. Sistemas de apoyo en el ámbito del aprovechamiento energético de la biomasa

El principal objetivo de los sistemas de apoyo es promover la utilización de las fuentes de energía renovables de una manera eficaz, sencilla y lo más eficiente posible, especialmente en temas de costes, y de este modo contribuir a la consecución de los objetivos energéticos nacionales (cumplimiento protocolo de Kyoto).

Los principales requisitos a cumplir son: ser eficaces, no distorsionar el mercado y fomentar la competencia y la innovación.

En la actualidad los Estados miembros tienen en marcha distintos programas para la utilización de la biomasa como fuente de energía renovable. Estos programas pueden tratarse de sistemas de incentivación a la oferta o a la demanda.

El fin de estos programas es el de promover el desarrollo de las fuentes energéticas, entre ellas la biomasa, que destacan por sus ventajas ambientales, socioeconómicas y geoestratégicas.

Entre los distintos Estados Miembros se establecen uno o varios de los siguientes posibles sistemas de apoyo a la llamada "electricidad verde".

Tarifas de alimentación garantizadas. Este sistema, conocido bajo la denominación genérica inglesa de Renewable Energy Feed-in Tariffs (REFIT), fija un precio en su totalidad (tarifa fija total) o en parte (prima o incentivo fijo) para los productores de electricidad verde y obliga a los operadores de la red a comprar la potencia que suministren. El precio se garantiza por lo general durante un período de tiempo dilatado con el fin de incentivar las inversiones en nuevas centrales de producción a partir de energías renovables. Las tarifas de alimentación actúan sobre la oferta y favorecen la entrada de electricidad verde en el mercado.

Certificados u obligaciones. Cuando se produce electricidad a partir de una fuente renovable se emite un "certificado financiero verde". Se pueden imponer cuotas de electricidad verde a las empresas y grandes consumidores, que pueden respetar ya sea mediante el uso de electricidad verde o mediante la compra de certificados verdes. Los certificados ecológicos negociables son medidas orientadas a la demanda que funcionan sobre la base de obligaciones de cuotas obligatorias que arrastran al mercado a la electricidad verde. Un certificado verde equivale habitualmente a un MWh renovable.

Reducciones o exenciones fiscales. Las reducciones de impuestos de las inversiones, producción o consumo de electricidad verde constituyen sencillos ejemplos de medidas fiscales de estímulo de la oferta o la demanda. A menudo estas medidas consisten en la exención del pago de «ecotasas» o de las tasas sobre el CO₂ a que se someten las fuentes de energías procedentes de combustibles

fósiles. Las medidas financieras también pueden incluir tipos de interés reducidos sobre los préstamos, lo que reduce los costes de las inversiones y favorece la creación de capacidad de generación a partir de nuevas fuentes renovables. Apoyo a la inversión que incluye la aportación directa de subsidios para la construcción de capacidad de generación a partir de fuentes renovables. Se trata de una medida de estímulo de la oferta y puede adaptarse en función de las particularidades de las distintas fuentes de energía renovables de acuerdo con las políticas nacionales o regionales.

Apoyo a la inversión. Consiste en subsidios para la construcción de capacidad de generación a partir de fuentes renovables. Se trata de un estímulo a la oferta.

El sistema de apoyo que mayoritariamente prevalece es el de tarifas o primas mínimas, ya que adecuadamente diseñados han demostrado ser capaces de impulsar el desarrollo de las energías renovables de manera simple y eficaz en cuanto a objetivos, eficiente en cuanto a costes y competitiva en relación al mercado.

Instrumentos institucionales y legislativos

Tomando como partida el objetivo energético recogido en el Libro Blanco⁵ de la Comisión Europea, se elaboró el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010 (PFER), aprobado por el Consejo de Ministros el 30 de diciembre de 1999; en él se estableció como objetivo cubrir en el año 2010 con energías renovables el 12 % de la demanda total de energía primaria. Los objetivos de incremento del consumo de biomasa (tanto para usos térmicos como eléctricos) suponían en el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010 un 63 % del objetivo global de incremento del consumo de fuentes de energía renovables.

Puesto que hasta finales de 2004 se había cumplido el 28,4 % del objetivo de incremento global y el avance en el área de la biomasa solamente se situaba en el 9 % (como así quedó recogido en el "Balance del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España durante el período 1999-2004" elaborado por el IDAE), se decide elaborar el Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010, que constituye la revisión del Plan de Fomento las Energías Renovables en España 2000-2010.

El Plan de Energías Renovables que mantiene el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12 % del consumo total de energía en 2010 pero propone una distribución diferente de los esfuerzos por áreas. Además, el PER incorpora dos objetivos indicativos que hacen referencia a la generación de electricidad con fuentes renovables y al consumo de biocarburantes:

⁵ Comunicación de la Comisión: Energía para el futuro: Fuentes de Energía Renovables. Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios (Documento COM (97) 599 final). Bruselas, 26.11.1997.

- Que para 2010 la electricidad generada con renovables alcance el 29,4 % del consumo nacional bruto (Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de septiembre de 2001)
- Que para 2010 el 5,75 % de la gasolina y el gasóleo comercializados con fines de transporte sean biocarburantes (Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 8 de mayo de 2003, traspuesta a la legislación española a través del Real Decreto 1700/2003, de 15 de diciembre)

Con respecto a la biomasa hay que diferenciar entre la destinada a generación de electricidad y la destinada a usos térmicos: en la primera el objetivo de crecimiento en el período 2005-2010 se sitúa en 1.695 MW (en el Plan de Fomento se fijó el objetivo de alcanzar los 1.849 MW a finales de 2010); en cuanto a la biomasa con aplicaciones térmicas, el objetivo de incremento hasta 2010 asciende a 583 ktep (en el Plan de Fomento se fijó el objetivo de alcanzar los 4.376 ktep a finales de 2010).

En la actualidad, se ha creado un nuevo compromiso para 2020 que se recogerá en la renovación del Plan actual (2005) en 2008 y en el que las energías renovables deben alcanzar el 20 % de la energía primaria.

Debe tenerse en especial consideración el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, sustituye al Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que 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. Ofrece una nueva regulación a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, manteniendo la estructura básica de su regulación.