

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS
RED ESPAÑOLA DE CIUDADES POR EL CLIMA

C/ Nuncio, 8
28005 - Madrid
red.clima@femp.es

www.femp.es
www.redciudadesclima.es
www.magrama.gob.es



ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA A ESCALA LOCAL



ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA A ESCALA LOCAL



ÍNDICE DE CONTENIDO

PRÓLOGO.....	5
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN.....	7
SUMMARY.....	10

BLOQUE I. INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN.....	12
2.- ALCANCE.....	15
2.1.- ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	15
2.2.- TIPOS DE BIOMASA A CONSIDERAR.....	15
3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	16
3.1.- PLAN DE TOMA DE DATOS.....	16
3.2.- METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA.....	18

BLOQUE II. CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO Y LA TECNOLOGÍA PARA SU APROVECHAMIENTO

4.- CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE TIPOS DE BIOMASA Y BIOCOMBUSTIBLES.....	27
4.1.- CARACTERIZACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE LOS DISTINTOS TIPOS DE BIOMASA PARA SU VALORIZACIÓN ENERGÉTICA.....	27
4.2.- DIAGNÓSTICO DE LOS TIPOS DE BIOMASA.....	39
4.3.- CARACTERIZACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES.....	48
4.4.- DIAGNÓSTICO DE BIOCOMBUSTIBLES.....	60
5.- TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOCOMBUSTIBLES: CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO.....	66
5.1.- TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES.....	67
5.2.- TECNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOCOMBUSTIBLES.....	74
5.3.- MATRIZ DAFO DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOCOMBUSTIBLES.....	80
5.4.- REPERCUSIÓN DEL EMPLEO DE CALDERAS DE BIOMASA EN LA CALIDAD DEL AIRE.....	83

BLOQUE III. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA BIOMASA COMO RECURSO

6.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN POTENCIAL DE BIOMASA.....	98
6.1.- RESIDUOS FORESTALES.....	99
6.2.- RESIDUOS AGRÍCOLAS.....	100
6.3.- RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	102
6.4.- RESIDUOS INDUSTRIALES DE APROVECHAMIENTO FORESTAL.....	107
6.5.- RESIDUOS GANADEROS.....	109
6.6.- RESIDUOS VEGETALES DE PARQUES Y JARDINES.....	113
6.7.- LODOS DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS.....	113

6.8.- CULTIVOS ENERGÉTICOS.....	115
7.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN DE PELLET.....	118
8.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS PLANTAS DE BIOMASA.....	121
9.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS REDES DE CALOR Y FRÍO (DISTRICT HEATING AND COOLING).....	125

BLOQUE IV. EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA A ESCALA LOCAL: PROYECTOS POTENCIALES, COSTES Y FINANCIACIÓN, POSIBILIDADES DE COLABORACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS

10.- PROYECTOS PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA.....	128
10.1.- IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS POTENCIALES POR ZONA GEOGRÁFICA BASADOS EN EXPERIENCIAS REALES.....	128
10.2.- PROYECTOS TIPO DE INSTALACIONES PÚBLICAS EN CORPORACIONES LOCALES.....	156
11.- PARÁMETROS ECONÓMICOS DE INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO CON BIOMASA.....	162
11.1.- PARÁMETROS ECONÓMICOS DE INSTALACIONES DE BIOMASA PARA USO TÉRMICO.....	162
11.2.- PARÁMETROS ECONÓMICOS DE INSTALACIONES DE BIOMASA PARA USO ELÉCTRICO.....	167
12.- IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIACIÓN.....	170
13.- POSIBILIDADES DE COLABORACIÓN ENTRE ENTIDADES PÚBLICAS Y/O PRIVADAS.....	198
13.1.- EXPERIENCIAS REALES DE COLABORACIÓN ENTRE ENTIDADES PÚBLICAS Y/O PRIVADAS.....	201
14.-DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE EL USO DE BIOMASA EN LOS GOBIERNOS LOCALES.....	206

BLOQUE V. CONCLUSIONES

15.- CONCLUSIONES.....	208
15.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS Y OBSTÁCULOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA A ESCALA LOCAL.....	208
15.2.- BENEFICIOS E INCONVENIENTES DEL USO DE LA BIOMASA.....	212

ANEXOS

ANEXO I. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE BIOMASA DESARROLLADAS POR EL IDAE: BIONLINE Y BIDA.E.....	214
ANEXO II. LISTADO DE EQUIPOS.....	221
ANEXO III. LEGISLACIÓN AUTONÓMICA E INSTRUCCIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	224
ANEXO IV. DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE USO DE BIOMASA EN GOBIERNOS LOCALES.....	231
ANEXO V. BIBLIOGRAFÍA.....	238

PRÓLOGO

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Federación Española de Municipios y Provincias, creemos que combinar la experiencia acumulada del aprovechamiento tradicional de la biomasa forestal, y los usos y recursos que las nuevas tecnologías ponen a nuestra disposición se plantea como un reto, pero también como una clara alternativa, que puede incentivar una economía baja en carbono y un impulso e incentivo ambiental y sostenible para nuestras zonas rurales.

El aprovechamiento de la biomasa en nuestro país cuenta con una larga trayectoria. Especialmente extendido estaba el uso de la biomasa forestal, que proporcionaba a nuestros pueblos leña para la cocina y la calefacción. Este uso tenía además un beneficio ambiental asociado: mantenía los bosques limpios de restos secos, reduciendo el riesgo de incendio. Sin embargo, en las últimas décadas su uso ha decaído frente al empleo de los combustibles fósiles, principalmente debido a la aparición de sistemas más cómodos y económicos que utilizan combustibles fósiles y a la concentración de la población en grandes urbes con difícil acceso a estos recursos.

Actualmente, los grandes avances tecnológicos que se han producido en el sector de la biomasa, así como la capacidad de aprovechar gran variedad de productos como combustible -al pensar en biomasa no podemos ceñirnos a la forestal, se trata de una fuente muy versátil, que puede proporcionar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos-, han hecho de esta alternativa una opción competitiva y que permite contribuir al objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La generación de este recurso en las proximidades de muchos municipios hace especialmente atractiva esta solución tanto por la generación de empleo local como por los potenciales ahorros de costes.

Asimismo, es necesario conocer y analizar las tecnologías actuales disponibles, así como los diferentes tipos de combustibles y su disponibilidad, para poder saber aquellos cuyas prestaciones se ajustan mejor a las necesidades de los Gobiernos Locales

Entre las grandes ventajas del aprovechamiento de la biomasa, debemos resaltar el impulso que su aprovechamiento produce en el fomento y desarrollo de las actividades económicas en zonas rurales. Contribuye además a la innovación tecnológica de producción propia, que enriquece la cadena de producción de biomasa. Por último, resaltar la reducción de residuos que supone la utilización de muchos de ellos como combustible y por supuesto, no podemos olvidar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. De hecho, en el ámbito industrial ya está bastante extendido el uso de la biomasa y es de especial relevancia el empleo de la fracción bio de los residuos como fuente de energía, en ocasiones de la propia industria, como los huesos de aceituna, o las cáscaras de nuez, un ámbito en el que España es pionera.

Con este estudio sobre El Aprovechamiento de la Biomasa a Escala Local, esperamos facilitar y abrir nuevos caminos para la implantación del uso de la biomasa en dependencias de la administración local, donde el uso de estos combustibles puede contribuir de manera directa a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a rebajar el gasto en energía. Somos conscientes de que conseguir que el uso de la biomasa sea generalizado y eficiente supone un esfuerzo, pero va en beneficio de todos. Las instalaciones municipales son especialmente idóneas para esta aplicación en muchos casos y sin duda van a ejercer un papel ejemplarizante para otras aplicaciones locales.

Susana Magro Andrade

Directora General de la Oficina Española de Cambio Climático
Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

María Ángeles Muñoz Uriol

Presidenta de la Red Española de Ciudades por el Clima. Alcaldesa de Marbella

AGRADECIMIENTOS

El Estudio sobre el Aprovechamiento de la Biomasa a Escala Local ha sido elaborado por la Red Española de Ciudades por el Clima, como sección de la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), con la asistencia técnica de ITSMO 94, S.L.

Por parte de la FEMP han participado:

Director del Proyecto:

Francisco Díaz Latorre

Coordinadora del Proyecto:

Ana Barroso Bosqued

Técnico de apoyo:

Eduardo Peña González

Por parte del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ha participado:

Personal técnico de la Oficina Española de Cambio Climático

Otras entidades públicas que han aportado información:

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (I.D.A.E.)

Centro Nacional de Energías Renovables (C.E.N.E.R.)

Por último, gobiernos locales que han suministrado información al estudio:

Ayuntamiento de Albacete

Ayuntamiento de Soria

Ayuntamiento de Vic

Ayuntamiento de Álora

Ayuntamiento de Puerto Lumbreras

Ayuntamiento de Casar de Cáceres

Ayuntamiento de Molina de Segura

Ayuntamiento de Pamplona/Iruña

Ayuntamiento de León

Ayuntamiento de Alhaurín de la Torre

Ayuntamiento de Elda

Ayuntamiento de Segovia

Ayuntamiento de Dénia

Ayuntamiento de Miajadas

Ayuntamiento de Silla

Ayuntamiento de Coca

Ayuntamiento de Cartaya

RESUMEN

La finalidad de este trabajo, elaborado por la Federación Española de Municipios y Provincias, en colaboración con la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, consiste en analizar las posibilidades de aprovechamiento energético que presenta en la actualidad la biomasa a escala local. Así mismo, se valora la aportación que puede realizar el aprovechamiento energético de la biomasa en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en los Gobiernos Locales pertenecientes a la Red Española de Ciudades por el Clima.

En concreto, este estudio pretende la consecución de los siguientes objetivos:

- ▶ Identificar los tipos de biomasa más aptos para su aprovechamiento energético a escala local.
- ▶ Conocer las tecnologías actuales disponibles de aprovechamiento de la biomasa que mejor se adecuan a las necesidades de los Gobiernos Locales.
- ▶ Evaluar la incidencia sobre la calidad del aire del uso de las tecnologías de aprovechamiento energético de la biomasa más importantes a escala local, tratando asimismo de valorar su papel en la reducción de gases de efecto invernadero frente a otras fuentes energéticas.
- ▶ Analizar la distribución geográfica potencial de la biomasa como recurso aprovechable energéticamente por parte de las Corporaciones Locales.
- ▶ Seleccionar y caracterizar experiencias exitosas de aprovechamiento energético de la biomasa a escala local.
- ▶ Desde el punto de vista económico, por una parte poner de manifiesto la viabilidad de uso de la biomasa por parte de los Gobiernos Locales, y por otra, identificar las distintas fuentes de financiación disponibles para poner en marcha proyectos de este tipo.
- ▶ Analizar las posibilidades de colaboración entre las Corporaciones Locales y el sector privado para la puesta en marcha de iniciativas relacionadas con el aprovechamiento energético de la biomasa.

Para la consecución de los anteriores objetivos, el presente estudio se ha estructurado en diferentes bloques de contenido:

- ▶ En el primero de ellos se establece el alcance y la metodología que darán lugar al desarrollo del trabajo. La información necesaria para la consecución del estudio ha sido obtenida a través de un exhaustivo Plan de Toma de Datos, mediante el cual han sido sondeados por diversos medios (cuestionarios digitales, entrevistas telefónicas, correo postal, etc.) todos los organismos y entidades de interés.
- ▶ El Bloque II está enfocado, en primer lugar, a la caracterización y diagnóstico del objeto principal del estudio: el recurso biomásico y los biocombustibles que derivan del mismo para su aprovechamiento energético. Es importante mencionar que el estudio, si bien contempla y analiza todos los tipos de biocombustibles existentes, trata en más profundidad los de tipo sólido, pues son los que acumulan mayor experiencia en la implementación de iniciativas exitosas por parte de los gobiernos locales. En segundo lugar, se caracteriza y diagnostica la tecnología disponible en la

actualidad para llevar a cabo el aprovechamiento energético de la biomasa. Por último, y dentro del marco tecnológico, se analiza la repercusión en la calidad del aire de la tecnología más común a escala local para el aprovechamiento energético de la biomasa, las calderas.

► En el Bloque III, se presenta, a la vez que analiza, la distribución geográfica potencial de los distintos tipos de biomasa sobre el territorio nacional. Ello permitirá conocer las ventajas y desventajas, según la localización, de seleccionar un tipo u otro de biomasa para su aprovechamiento energético. La posterior presentación de casos de éxito con diferentes tipos de biomasa en distintas localizaciones, permitirá una mejor comprensión de la idoneidad de cada tipo de biomasa según el territorio. En este mismo bloque, dada su importancia estratégica, se incluye la distribución de la producción de pellet, por un parte, y de la localización de las plantas de biomasa existentes en España.

► Una vez se ha caracterizado y diagnosticado el recurso biomásico, el biocombustible derivado, así como la tecnología disponible para su aprovechamiento energético, además de conocer la distribución geográfica potencial de los distintos tipos de biomasa, el Bloque IV se centra en varios aspectos claves para apoyar el desarrollo de iniciativas de aprovechamiento energético de la biomasa a escala local: identificación de proyectos potenciales, estimación de costes y financiación, posibilidades de colaboración y buenas prácticas.

► Por último, en el Bloque V se exponen las conclusiones del estudio, identificando por una parte los principales problemas y obstáculos para el aprovechamiento de la biomasa a escala local, y por otro los beneficios e inconvenientes del uso de la biomasa. A continuación se mencionan las conclusiones más importantes entre las obtenidas en el estudio:

- Entre los problemas y obstáculos, caben citar los siguientes:

- Heterogénea distribución geográfica de la disponibilidad del recurso biomásico en España.
- La biomasa procedente de residuos de la agricultura tiene un potencial energético muy grande para su aprovechamiento a escala local, a pesar de que existen importantes problemas que dificultan enormemente su uso.
- La inclusión en la planificación forestal de una regulación más específica para el aprovechamiento de la biomasa, permitiría un uso más eficiente de este tipo de residuos biomásicos por parte de la entidades locales.
- A pesar de su potencial, los restos de poda de parques y jardines están infrutilizados desde el punto de vista energético.
- Existe todavía demasiada variabilidad en el precio de la biomasa.
- Existen muchas provincias españolas que no poseen ninguna fábrica de pellet. Así mismo, la distribución de las plantas de biomasa es muy heterogéneo.
- En cuanto a los problemas surgidos durante el uso de los equipos, los más habituales son los relacionados con la accesibilidad y abastecimiento de un combustible de calidad y con características similares a lo largo de todo el año.
- La relación entre los diferentes agentes implicados en el sector de la biomasa (instaladores de equipos, fabricantes de pellets, suministradores de biomasa, usuarios potenciales) no es lo suficientemente directa y estrecha como sería deseable.
- El funcionamiento de los equipos de biomasa no es en muchos casos el esperado, llegando a tener averías que pueden paralizar su funcionamiento durante mucho tiempo.
- Se detecta la necesidad de una mayor especialización de los técnicos dedicados al sector de la biomasa.

- Entre los beneficios, se exponen los siguientes:
 - La biomasa es una fuente renovable de energía, siendo su uso menos perjudicial para el calentamiento global que otros tipos de combustibles.
 - El uso de la biomasa en sustitución de combustibles fósiles reduce la dependencia energética del exterior, potenciándose el aprovechamiento de recursos locales.
 - El aprovechamiento energético de los residuos procedentes de distintos tipos de biomasa, reduce significativamente los problemas que trae la gestión de estos desechos.
 - El uso de los recursos de biomasa puede incentivar las economías rurales, creando más opciones de trabajo y reduciendo las presiones económicas sobre la producción agropecuaria y forestal.

- Entre los inconvenientes:
 - Desconocimiento generalizado sobre las posibilidades reales de la biomasa para su aprovechamiento energético.
 - La biomasa, de forma general, tiene un mayor coste de producción y menor rendimiento energético en comparación con la energía que proviene de los combustibles fósiles.
 - Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles.
 - Producción, en muchos casos, excesivamente estacionalizada.
 - Falta de estandarización y homogeneización en la calidad de los biocombustibles vendidos.

SUMMARY

The aim of this report, written by the Spanish Federation of Municipalities and Provinces, in collaboration with the Spanish Office for Climate Change part of the Ministry of Agriculture, Food and Environment, consists of analyzing the different possibilities of exploiting the current biomass energy potential on local scale. Moreover, this study assesses how the exploitation of biomass energy potential can contribute to reduce greenhouse gas emissions generated by Local Governments members of the Spanish Network of Cities for Climate.

In particular, this study expects to achieve the following objectives:

- ▶ Identifying the most suitable types of biomass for the biomass energy potential exploitation on local scale.
- ▶ Knowing the current technologies available for the biomass exploitation that adjust in the best way to Local Governments necessities.
- ▶ Assessing the influence of using the most significant technologies about biomass energy potential exploitation on the air quality on local scale and assessing its function on the reduction of greenhouse gas facing others sources of energy.

- ▶ Analyzing biomass geographic distribution as an energy resource that can be used by Local Governments.
- ▶ Selecting and characterizing successful experiences of using biomass energy on local scale.
- ▶ From an economic point of view, showing the viability of using biomass by Local Governments and, on the other hand, identifying the different funding sources available to start this kind of projects up.
- ▶ Analyzing the possibilities of cooperation between Local Government and private sector in order to start up initiatives related to biomass energy exploitation.

In order to achieve the previous objectives, this research has been divided in different sections:

- ▶ In the first one, the significance and the methodology of the study have been established. The information necessary to do the research has been obtained through an exhaustive data collection plan, by interviewing all the important organizations by using different means (digital questionnaires, phone interviews, mail post, etc.).
- ▶ Section II is firstly focused on the characterization and diagnosis of the study's main aim: the biomass and the biofuels that come from it for its use as energy. It is worth mentioning that although this research studies and analyses all types of existing biofuels, it is mainly focused on solid biofuels, as they gather many more successful initiatives implemented by Local Governments. Secondly, section II identifies the current technology available in order to carry out biomass energy potential exploitation. Finally, and within a technological framework, this section analyses the consequences on air quality of the most common technology used on local scale to exploit biomass energy potential, i.e. the boilers.
- ▶ In section III, the geographic distribution of the different types of biomass throughout the national territory is presented and analyzed. This will allow knowing both the advantages and the disadvantages, depending on the location, of choosing one or another type of biomass to be used as energy. The subsequent presentation of case studies with different types of biomass in different locations will help to understand better the suitability of each type of biomass according to the territory. In this section, because of its strategic importance, is included the distribution of pellet production, and on the other hand, the location of existing biomass plants in Spain.
- ▶ Once the biomass, the biofuel derivative and the technology available for the energy exploitation have been characterized and analyzed, as well as knowing the geographic distribution of the different biomass types, Section IV will be focused on several key aspects to support the development of initiatives for the biomass energy potential exploitation on local scale: identification of potential projects, cost estimation and funding, possible collaboration and good practice.
- ▶ Lastly, in Section V the conclusions of the study are presented, by identifying, on one hand, the main problems and obstacles in order to exploit the biomass on local scale, and on the other hand, the benefits and disadvantages of using biomass. The most significant conclusions of the research are listed below:

- It is worth mentioning the followings among the problems and obstacles:

- Heterogeneous geographic distribution of biomass availability in Spain.
- The biomass coming from agriculture waste has an enormous energy potential to its exploitation on local scale, despite of existing significant problems that make more difficult its usage.
- The inclusion in the forest planning of a regulation more specific in order to exploit biomass will allow a more efficient use of this kind of biomass waste by local authorities.
- Despite their potential, the mulched tree pruning from parks and garden are undervalued from an energy point of view.
- It still exists a lot of variability in biomass price.
- There are still many Spanish provinces that do not have any pellet factory. Furthermore, biomass plants distribution is very diverse.
- With regard to the problems appeared during the equipment's usage, the most commons are those related to a good quality fuel accessibility and supply with the same characteristics all year round.
- The relationship between the different agents involved in biomass sector (equipment fitters, pellet manufacturers, biomass suppliers and potentials users) is not as direct and close as it would be desirable.
- Biomass equipment working is not the one expected in many cases, even arriving at having breakdowns that can cause the equipment stops working during a period of time.
- It is detected that it is necessary that technicians working in the biomass sector must have a better specialization.

- Among the benefits, we present the followings:

- Biomass is a source of renewable energy; its use is less harmful for global warming than other kind of fuels.
- Biomass use, instead of using fossil fuels, reduces dependence on imported energy, by promoting at the same time the exploitation of local resources.
- Energy exploitation of waste coming from different types of biomass lessens enormously the problems caused by this kind of waste management.
- The use of biomass can stimulate local economies by creating new job opportunities and reducing the economic pressure on agricultural and forest production.

- The list below explains some disadvantages:

- General ignorance about the real biomass energy exploitation possibilities.
- Biomass, in general, has a bigger production cost and lower energy efficiency in comparison with the energy coming from fossil fuels.
- Fuels coming from biomass have lower energy efficiency than fossil fuels.
- Biomass production, in many cases, is highly dependent on seasons.
- Lack of standardization and homogeneity on the quality of sold biofuels.

INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN

La importancia de las energías renovables para lograr el autoabastecimiento energético y disminuir las emisiones derivadas de la combustión de fuentes fósiles resulta clara. Su uso y progreso pueden reportar además otros beneficios sociales, tales como la creación de empleo y el desarrollo de zonas deprimidas. La implantación de este tipo de energías exige esfuerzos políticos y económicos importantes, que han de ir acompañados de una política de control de la demanda, encaminada a racionalizar y estabilizar el consumo de energía.

La biomasa tiene carácter de energía renovable, ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético y acumulada

en los enlaces de las moléculas orgánicas que la forman. Esta energía se libera al romper dichos enlaces en el proceso de combustión, dando como productos finales dióxido de carbono y agua. Por este motivo, los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan biocombustibles, pudiendo ser, según su estado físico, biocombustibles sólidos (los que más comúnmente se utilizan para fines térmicos), biocombustibles gaseosos y biocombustibles líquidos, como sinónimo de los biocarburantes para automoción.

La biomasa se define según la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588, como “todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”. También puede definirse, de forma general, como la materia orgánica de origen biológico, es decir, la fracción biodegradable de los productos, residuos de la agricultura (incluido sustancias animales y vegetales) y forestales, incluidos sus industrias, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales. Por último, la biomasa es la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico, industriales y municipales; según se define en la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

El aprovechamiento de la biomasa utilizada con los actuales sistemas modernos y eficaces, fruto de la existencia de una tecnología muy desarrollada, de fácil instalación y funcionamiento, supone una de las mejores alternativas a los combustibles convencionales y constituye una fuente de energía renovable, ecológica y económica por las siguientes razones:

- ▶ **Renovable**, porque sus fuentes tienen una velocidad de generación similar a la de consumo, mientras los otros combustibles están condenados a agotarse (carbón, gasóleo, gas), ya que se consumen a una velocidad superior a la de formación.
- ▶ **Ecológica** respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, especialmente metano y dióxido de carbono, ya que la cantidad emitida en la combustión es la misma que la que fue absorbida durante su crecimiento unos años antes con la fotosíntesis clorofiliana, en lo que al CO₂ se refiere. Cuando se quema gas o gasóleo, para calentarse se transfiere y acumula en la atmósfera carbono del subsuelo profundo, alimentando así el efecto invernadero. La combustión de biomasa, en cambio, no contribuye al efecto invernadero, porque el carbono que se libera quemando la madera, procede de la atmósfera misma y no del subsuelo. Además, incrementa y estimula la repoblación forestal y el mantenimiento de los bosques.
- ▶ **Económica**, porque su coste es más bajo que el de los otros combustibles y la producción de biomasa, de modo responsable y organizado, puede aumentarse sin ningún daño para el medio ambiente. Además, desarrolla la economía, especialmente de las zonas rurales, creando nuevas oportunidades de trabajo.

Los gobiernos regionales y locales son primordialmente responsables de la implementación de las políticas, programas, normativa y mecanismos fiscales en materia medioambiental. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo estima que hasta el 80% de las políticas y actividades sobre mitigación, y el 100% sobre adaptación, son implementadas a nivel regional y local. Estos gobiernos desarrollan políticas y programas que son pertinentes respecto a las características de sus propios territorios, y al mismo tiempo, son pioneros en la implementación de políticas y programas que pueden ser replicados en otros ámbitos.



Huesos de aceituna preparados para su aprovechamiento energético

En este sentido, la administración pública se revela como un agente clave para avanzar hacia un nuevo modelo energético más sostenible, que apueste por fuentes energéticas autóctonas, más limpias e inagotables.

En el caso de la biomasa, las diversas administraciones juegan un papel determinante en la creación de las condiciones adecuadas para el desarrollo del sector, incluyendo a los gobiernos locales, cuya participación cobra especial importancia al ser los responsables de desarrollar y adaptar el marco normativo, atendiendo a las circunstancias particulares de cada territorio. Estos organismos son además propietarios de edificios y terrenos, consumidores de energía, productores y gestores de residuos orgánicos, etc. Todo ello sitúa a las entidades locales en una posición inmejorable para la adopción de buenas prácticas y la promoción del consumo sostenible de biomasa en su ámbito competencial.

2.- ALCANCE

2.1.- ÁMBITO GEOGRÁFICO

El ámbito geográfico del estudio queda comprendido por la totalidad de los municipios adheridos a la Red Española de Ciudades por el Clima en la fecha de redacción del presente informe.

2.2.- TIPOS DE BIOMASA A CONSIDERAR

Bajo la denominación genérica de biomasa se incluye a todo un conjunto muy heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza, comprendiendo productos de origen vegetal, animal o microbiano.

Es por esto que se deben definir los tipos de biomasa objeto del estudio, entre los cuales están: residuos forestales, residuos agrícolas, residuos agroindustriales, residuos industriales de aprovechamiento forestal, residuos ganaderos, residuos vegetales de parques y jardines, lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) urbanas, y cultivos energéticos.

Según el origen de la biomasa, se puede hacer la siguiente clasificación de la misma:

- ▶ Biomasa natural: es la disponible en los ecosistemas naturales, producida espontáneamente en las tierras no cultivadas, y la que el hombre ha utilizado tradicionalmente para satisfacer sus necesidades. Este tipo de biomasa no parece ser la más adecuada para su aprovechamiento energético masivo, debiendo ser respetada en principio, como reserva biológica natural.
- ▶ Residuos forestales, como los originados en tratamientos selvícolas.
- ▶ Residuos agrícolas, como son las podas de olivar y frutales, pajas, restos de algodón, etc.
- ▶ Residuos agroindustriales, como los de la producción de aceite de oliva y de aceite de orujo de oliva, de la industria vinícola y alcoholera, de la producción de frutos secos, etc.
- ▶ Residuos industriales de aprovechamiento forestal, tanto los de primera transformación como los de segunda transformación.
- ▶ Residuos ganaderos.

- ▶ Residuos vegetales de parques y jardines.
- ▶ Lodos de EDAR urbanas.
- ▶ Cultivos energéticos, es decir aquellos cultivos cuyo único fin es la producción de biomasa con fines energéticos.

Caben resaltar los distintos usos energéticos que la biomasa puede tener:

- ▶ **Uso térmico:** consiste en emplear la biomasa como combustible para generar un fluido térmico (agua caliente, vapor) que sería utilizado para uso doméstico, residencial, comercial, agropecuario o industrial para producción de agua caliente o climatización (calefacción y frío). Ésta es la aplicación más extendida y antigua de la biomasa, ya que no precisa de sistemas demasiado complejos.
- ▶ **Uso eléctrico:** se trata de utilizar la biomasa en plantas de vapor en ciclo simple, o mediante procesos de gasificación o biodigestión de la misma, llevando a cabo la misma función que realizan hoy día mayoritariamente los combustibles fósiles. Este proceso requiere de un consumo mayor de energía que el anterior y la biomasa utilizada debe ser de alto potencial energético.
- ▶ **Producción de biocarburantes:** elaboración de líquidos sustitutivos de la gasolina o el gasóleo.

De todos los usos anteriores, en España existe una gran tradición del consumo de la biomasa para usos térmicos. Según datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la producción de electricidad a partir de la biomasa precisa de sistemas aún más complejos dado el bajo poder calorífico de la biomasa, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido en compuestos volátiles. La mayor parte de la potencia instalada procede de instalaciones ubicadas en industrias que tienen asegurado el combustible con su propia producción. Es por ello que resulta de menor interés para su uso por parte de entidades locales.

3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1.- PLAN DE TOMA DE DATOS

Para poder desarrollar el presente estudio ha sido necesario consultar una amplia y diversa información de partida, la cual se ha encontrado bastante dispersa (en distintas administraciones y entidades), teniendo en algunos casos una accesibilidad restringida. Es por ello que ha sido imprescindible llevar a cabo un amplio Plan de Toma de Datos, mediante el cual se han trasladado numerosas consultas a los distintos organismos y empresas que pudieran tener información de interés relacionada con la materia.

En cuanto a dicho plan, lo primero que se realizó fue determinar la información que se requería obtener para la redacción del estudio (aspectos cuantitativos y cualitativos, marco jurídico, modelos de cuantificación de biomasa existentes, etc.), de dónde se podía obtener ésta (organismos públicos, empresas, publicaciones, etc.), cual era la manera más eficiente y adecuada de conseguirla (a través de cartas, correos electrónicos, contactos telefónicos, cuestionarios, etc.), y la forma de

coordinar el seguimiento y recepción de dicha información solicitada (a través de correos electrónicos, llamadas telefónicas, mesas de trabajo, etc.).

Los trabajos de recopilación de información se han llevado a cabo de la siguiente manera:

► Contacto con las administraciones y entidades de interés, con objeto de solicitarles por teléfono y/o mediante escrito informativo información a cada una de ellas, según sus competencias, relativa a:

- Centros de acopio y transferencia de biomasa existentes y futuros.
- Plantas de tratamiento de residuos urbanos.
- Instalaciones públicas consumidoras de biomasa existentes y en proyecto.
- Suministradores de biomasa.
- Etc.

► Se ha llevado a cabo un sondeo a través de las siguientes actuaciones:

Envío de cuestionarios por medios electrónicos. Se han preparado tres cuestionarios distintos: el primero se usa para abordar a una selección de consumidores de biomasa (el cuestionario que va destinado a entidades locales se ha matizado convenientemente); el segundo está enfocado a los productores y/o suministradores de biomasa; el tercero integra a ambos cuestionarios, estando dirigido a consumidores que además son productores y/o suministradores de biomasa. Como consumidores de biomasa se consideran tanto aquellos sectores industriales que demanden calor en sus procesos productivos, por lo que potencialmente podrían ser consumidores de biomasa, como aquellas instalaciones públicas que tengan equipos de biomasa. Como productores de biomasa se consideran aquellos sectores industriales que generan subproductos con valor energético, los cuales son en gran parte autoconsumidos por ellos mismos.

A través de cada uno de ellos se solicita la siguiente información de interés para el estudio:

- Con los cuestionarios para consumidores de biomasa: localización de la instalación, tipo de equipo consumidor de biomasa, año de instalación del mismo, estado y uso del equipo, mantenimiento del equipo, potencia y rendimiento del equipo, tipo de biomasa combustible utilizada, cantidad de biomasa consumida anual desde su instalación, empresa suministradora de la biomasa.
- Con los cuestionarios para productores y/o suministradores de biomasa: localización de la instalación, tipo y cantidad de biomasa que suministran a lo largo del año, precio actualizado, etc.

Entrevistas dirigidas. Desarrollo de entrevistas telefónicas en base a los cuestionarios mencionados y enviados previamente. Es importante mencionar que antes de realizar las entrevistas se ha enviado una solicitud de participación en el estudio en cuestión a las empresas y entidades públicas comentadas anteriormente en formato digital por correo electrónico (cuestionario enviado citado en punto anterior). Los participantes en las entrevistas, tanto consumidores como productores y/o suministradores, son seleccionados en función del interés que posean en la región en la que se encuentren, así como de las indicaciones dadas por la Coordinación del proyecto en la FEMP. Del tiempo disponible para desarrollar el estudio depende el número de entrevistas a realizar.

Para la elaboración y envío de las cartas y correos electrónicos anteriores se ha contado con la aprobación de la Coordinación del proyecto en la FEMP, la cual ha estado informada en cada momento de todos los pasos que se seguían en este sentido, tanto a través de correos electrónicos, contactos telefónicos y reuniones celebradas.

Con respecto a la elaboración del cuestionario, hay que comentar que se ha usado un lenguaje directo y de fácil comprensión, su extensión ha sido reducida y se han incorporado desplegables de opciones en algunas preguntas para facilitar ser rellenado. Las cuestiones consultadas se han agrupado en tres bloques bien diferenciados, de forma que las más relevantes han sido las siguientes:

- ▶ Bloque I. Datos de la empresa o entidad: nombre, dirección, teléfono, año de constitución de la empresa, producción total y tipo de empresa.
- ▶ Bloque II. Para productores y/o suministradores de biomasa para uso térmico: si producen y/o suministran biomasa, cantidad producida anualmente, meses durante los que produce biomasa, destino de la biomasa producida, cantidad de biomasa vendida, distribución geográfica de la venta y suministro de la biomasa, procedencia geográfica y vegetal de la biomasa.
- ▶ Bloque III. Para consumidores de biomasa para uso térmico: característicos de equipos consumidores de biomasa térmica, cantidad anual de biomasa térmica consumida, suministrador de la misma, procedencia vegetal de dicha biomasa.

Debido al elevado número de empresas a las que había que hacer llegar este cuestionario, se decidió que la mejor opción era implantarlo vía internet, para que todos los encuestados pudieran acceder rápidamente a él y rellenarlo en poco tiempo. De esta forma, los datos procedentes de los mismos podrían recogerse en una base de datos y ser tratados de forma óptima.

Para ello, primero se elaboró el cuestionario en formato Excel, para poder ser revisados y consensados con la Coordinación del proyecto en la FEMP antes de considerarse definitivo, y posteriormente se programó en PHP contra un servidor de MySQL por un equipo de informáticos. Una vez finalizado esto, se realizaron varias pruebas antes de ponerlo visible en internet a sus destinatarios, para comprobar que funcionaba correctamente y que se generaba adecuadamente la base de datos en cuestión.

A partir de este momento, se procedieron a realizar llamadas y a enviar las solicitudes de participación por correo electrónico, a las entidades y empresas a encuestar, y durante el tiempo de redacción del estudio se han estado recibiendo datos de las mismas.

Además de este extenso trabajo de encuestación y recopilación de información, se ha llevado a cabo una amplia investigación documental, por lo que se han consultado proyectos y estudios publicados relativos a la temática en cuestión, páginas web de empresas, entidades, etc. De esta manera, el presente estudio se ha enriquecido en gran medida con todo ello.

3.2.- METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA

Para llevar a cabo el presente estudio, han sido consultadas de forma directa, y en la medida en que se explicita a continuación, las siguientes fuentes de información:

- ▶ Entidades locales pertenecientes a la Red Española de Ciudades por el Clima.
- ▶ Entidades con competencia en materia de energética.
- ▶ Agrupaciones empresariales en materia de energía.
- ▶ Otras entidades con competencia en materia forestal, agrícola, depuración de aguas residuales, etc.
- ▶ Centros o institutos de investigación relacionados con la materia del estudio.

Además, han sido consultadas distintas fuentes documentales, publicadas y no publicadas, relacionadas con el objeto del estudio. A continuación, se describe la metodología que se ha utilizado para la estimación de la producción de los distintos tipos de biomasa que se generan en el ámbito de estudio.

3.2.1.- ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS FORESTALES

La información expuesta sobre producción de residuos forestales tiene como base el estudio “Evaluación del potencial de la energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020”, realizado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). En el Anejo III se presentan las herramientas BIONLINE y BIDAЕ, desarrolladas por el IDAE, y usadas para la evaluación del potencial de biomasa en España.

Atendiendo a la metodología utilizada en el estudio mencionado, los residuos forestales que han sido tenidos en cuenta son los siguientes:

- ▶ **Restos de aprovechamientos forestales:** restos que proceden de los tratamientos y aprovechamientos de masas forestales existentes (ramas, riberones, etc.).
- ▶ **Árbol completo de masas forestales existentes:** árboles enteros procedentes de masas naturales o implantadas en el pasado con otros fines diferentes a los energéticos, cuyo aprovechamiento actual se destina enteramente a tal fin. Árboles enteros procedentes de monte alto que actualmente cuenta con nulo aprovechamiento maderero y/o de otros usos alternativos.

El resultado final se presenta como “biomasa potencial disponible”, es decir, aquella biomasa accesible que no tiene un uso maderero. En este sentido, puede afirmarse que es la biomasa accesible que no entra en competencia con las cortas madereras que se llevan a cabo en la actualidad.

3.2.2.- ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

La información expuesta sobre producción de residuos agrícolas tiene como base el mismo estudio utilizado para la estimación de la producción de residuos forestales.

Atendiendo a la metodología utilizada en el estudio mencionado, los residuos agrícolas que han sido tenidos en cuenta son los siguientes:

- ▶ **Leñosos:** Son los restos que se generan a partir de podas de olivares, frutales y viñedos.

Herbáceos: Engloba principalmente pajas de cereal y cañote de maíz.

Al igual que la producción de residuos forestales, el resultado final se presenta como “biomasa potencial disponible”.

3.2.3.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Para realizar una estimación de la producción de residuos agroindustriales, generados en determinados tipos de industrias agroalimentarias, los cuales son susceptibles de valorización energética, las metodologías utilizadas han sido dos, en función del tipo de residuo del que se trate.

Para el caso de los residuos con una humedad relativa elevada, y cuyo uso potencial podría ser la producción de biogás, se ha empleado la metodología utilizada y los datos publicados en el estudio realizado por AINIA Centro Tecnológico sobre la “Situación actual y potencial de generación de biogás a partir de residuos agroalimentarios en España”, el cual integra los resultados de potencial de biogás agroindustrial en España obtenidos en el proyecto PROBIOGÁS (Metodología tipo 1). Estos residuos son los siguientes:

- ▶ Residuos de la industria del olivar: alperujo y alpechín.
- ▶ Residuos de la industria vinícola: orujos, lías y hollejos.
- ▶ Residuos de las industrias cerveceras y de la sidra: bagazo o cebadilla y magalla, respectivamente.
- ▶ Residuos de las industrias cerealistas: paja de cereal.
- ▶ Residuos de la industria azucarera: pulpa y melaza.
- ▶ Residuos de las industrias hortofrutícolas y de transformación: pieles, pepitas, huesos, pulpas, frutos en mal estado (no comercializables) y excedentes, etc.

Para el caso de los residuos con una humedad relativa baja, y cuya valorización energética puede ser directa, se han aplicado una serie de ratios a la producción anual de productos, para obtener la producción estimada total de dichos residuos a lo largo del proceso industrial (Metodología tipo 2). Estos residuos son los siguientes:

- ▶ Residuos de la industria del olivar: orujillo y hueso de aceituna.
- ▶ Residuos de las industrias procesadoras de frutos secos: cáscara de almendras y de piñones.

Los datos de producción agroindustrial se han tomado de varias fuentes de información, que son el “Anuario de Estadística Agroalimentaria 2010”, para la cáscara de almendra; la Agencia para el Aceite de Oliva (Campaña 2010/11), para el hueso de aceituna y orujillo; y la Estadística Forestal Nacional de 2006, para la cáscara de piñón.

Metodología tipo 1

En esta metodología se utilizan tres conceptos de gran importancia aplicables a los diferentes residuos estudiados:

- Potencial “total”: se deriva de materias primas que técnicamente pueden ser objeto de codigestión anaerobia para la producción de biogás.
- Potencial “accesible”: es la parte del potencial total que puede ser objeto de gestión (recogida, transporte y almacenamiento).
- Potencial “disponible”: es la parte del potencial accesible una vez descontado el que se destina a usos alternativos.

PROBIOGÁS determina una serie de porcentajes de minoración para cada tipo de materia prima y zona geográfica, tomando en consideración los principales usos alternativos en cada caso. Estos análisis han permitido determinar el potencial disponible para cada uno de los residuos estudiados, el cual será el que se aporte en los apartados de resultados.

La metodología para la estimación de los residuos procedentes de la industria alimentaria ha sido distinta en función del tipo de subproductos. Para cada subcategoría se han determinado unos coeficientes específicos de generación (t residuo/tx) expresados en función de diferentes productos. Estos coeficientes han sido posteriormente aplicados y han permitido obtener la cantidad de residuo disponible generada para cada comarca (t/año).

Para conocer en mayor detalle dicha metodología se puede consultar dicho estudio publicado (<http://www.probiogas.es>).

Para estimar el potencial energético aproximado que tienen estos residuos generados, se ha aplicado un ratio de conversión tep/tonelada de residuo medio (0,108 tep/t), considerando las diferentes tipologías de residuos y localizaciones geográficas de los mismos.

Metodología tipo 2

Para esta metodología se ha partido de los datos de producción de las agroindustrias españolas a nivel provincial, publicados en el “*Anuario de Estadística Agroalimentaria 2010*”, la Agencia para el Aceite de Oliva (Campaña 2010/11) y la Estadística Forestal Nacional de 2006.

A partir de dichos datos, se le han aplicado unos ratios de generación estimada de residuos para cada producción agroindustrial analizada, los cuales se han obtenido de publicaciones de estudios específicos para cada residuo, en el caso de que no se haya obtenido el dato directo de producción de algún residuo. De esta forma, se obtiene la producción potencial total de estos residuos a nivel provincial, sin despreciar las cantidades que se estén empleando de dichos residuos para otros usos distintos a los energéticos.

Por último, para conocer el potencial energético aproximado que tienen estos residuos generados, se han aplicado ratios de conversión tep/tonelada en función de cada tipo de residuo, tomando fuentes de información publicadas de estudios específicos.

3.2.4.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES DE APROVECHAMIENTOS FORESTALES

Para poder contar en el presente estudio con valores de residuos procedentes de industrias forestales de primera y segunda transformación, se han utilizado los datos publicados en el Proyecto BIORAISE (<http://bioraise.ciemat.es>). Este proyecto ha sido desarrollado por el Centro de Desarrollo

llo de Energías Renovables (CEDER) del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), en el marco del Proyecto Biomasad, inserto dentro del programa Interreg IVB.

Dicho proyecto ha sido actualizado y puesto en servicio en enero de 2012, y dispone de un Sistema de Información Geográfica (SIG) on-line, que permite hacer el cálculo a partir de la biomasa primaria, agrícola o forestal y con la procedente de actividades industriales, incluido esta última en la nueva actualización, así como calcular el potencial de biomasa, los costes de recolección y los de transporte en regiones de España, Portugal, Francia, Italia y Grecia.

De esta forma, BIORAISE ofrece una visión global de las empresas del sector de la biomasa sólida y permite conocer la disponibilidad de recursos de biomasa en localizaciones geográficas concretas a través de un mapa-visor, un servicio de gran utilidad para promotores de proyectos de energías renovables.

Además, la herramienta proporciona información a los usuarios que quieran saber si cerca de su domicilio hay fabricantes de pellets o instaladores de calderas de biomasa.

3.2.5.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS GANADEROS

Para el cálculo de producción de esta biomasa y del potencial energético asociado a la misma se ha partido de las siguientes premisas:

- ▶ La ganadería intensiva (en la que los animales se encuentran estabulados), a diferencia de la extensiva, permite de una forma viable la recogida de los residuos que genera. Es por ello que sólo este tipo de ganadería es la que se ha considerado en el presente estudio.
- ▶ Considerando que de entre los posibles aprovechamientos energéticos que pueden otorgarse a estos residuos destaca la generación de biogás, a la hora de estimar el potencial energético de dicha biomasa, se ha considerado que ésta será utilizada para producir biogás.

Las fuentes de información que se han tomado de base para cuantificar estos residuos procedentes de la actividad ganadera, han sido principalmente las siguientes:

- ▶ Datos de producción de residuos de la actividad ganadera del Proyecto Probiogás, 2009. El proyecto PROBIOGÁS, cofinanciado por la Unión Europea y el Gobierno de España, tiene por objetivo el desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás en entornos agroindustriales. Han participado en el mismo 31 socios (15 centros de I+D y 16 empresas/entidades españolas).
- ▶ Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011): "Situación y potencial de generación de biogás. Estudio técnico PER 2011-2020".
- ▶ Agencia Andaluza de la Energía (2011): "La Biomasa en Andalucía".

En primer lugar, se ha cuantificado la producción de residuos de la actividad ganadera en el ámbito de estudio. Para ello, se ha utilizado la base de datos publicada por el Proyecto PROBIOGÁS, que contiene la producción de residuos por comarcas, en toneladas anuales, de los distintos tipos de ganadería. Los tipos de ganadería considerados son los siguientes:

- ▶ Ganadería porcina.
- ▶ Ganadería vacuna.
- ▶ Ganadería avícola.
- ▶ Ganadería caprina.
- ▶ Ganadería ovina.
- ▶ Ganadería equina.

Los residuos generados por cada tipo de ganadería se han agrupado siguiendo lo establecido en las fuentes citadas:

- ▶ Purín de cerdo.
- ▶ Estiércol de vaca.
- ▶ Gallinaza.
- ▶ Restos de otras especies.

Teniendo la producción por comarcas de cada tipología de residuo ganadero, y haciendo uso de los ratios de la Agencia Andaluza de la Energía, se han calculado las toneladas equivalentes de petróleo (tep). Dichos ratios son:

Residuos de la ganadería	tep/tonelada
Purín de cerdo	0,01157
Estiércol de vaca	0,0178
Gallinaza	0,04895
Restos de otras especies	0,01602

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía, 2011.

3.2.6.- ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS VEGETALES DE PARQUES Y JARDINES

A continuación, se presenta de forma resumida una descripción de la metodología desarrollada para estimar la cantidad de biomasa procedente de poda de parques y jardines del ámbito objeto de estudio. De la misma forma, se recoge el procedimiento empleado para determinar el potencial energético equivalente a dicha biomasa. Se ha partido para ello principalmente de las siguientes fuentes de información:

- ▶ Los datos de superficie de parques y jardines municipales se han obtenido de la Encuesta de infraestructuras y equipamientos locales (EIEL), elaborada por Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas para los municipios menores de 50.000 habitantes. Para todas las provincias se ha utilizado el dato correspondiente a la edición 2010 de la EIEL, excepto para Huesca, Barcelona, Tarragona, Lleida y Gerona, que se ha tomado el dato de 2009, y para Madrid, que se usó el de 2005. No hay datos de País Vasco y Navarra, al no estar incluidos en la

Cooperación Económica del Estado. Los datos de superficie de parques y jardines para municipios mayores de 50.000 habitantes se han recabado de las corporaciones locales, salvo en el caso de Cataluña, que se han recabado datos sobre producción de poda de la Agencia de Residuos de Cataluña.

► Los ratios para calcular la producción de poda a partir de los datos de superficie de parques y jardines se han establecido a partir de varias fuentes:

- Agencia de Residuos de Cataluña (2006): “Estudio de mejora de la gestión de la fracción vegetal en Cataluña”.
- Diputación Provincial de Huelva (2010): “Estudio sobre las potencialidades de la biomasa en el desarrollo del Espacio Rayano (Act. 1 Proyecto RETALER)”.
- Salas Antón, A. (1998): “Los residuos de las zonas verdes”, *Agrotécnica* nº 8, pp. 81-85.
- Datos de producción de restos de poda de diversas fuentes publicadas a distintas escalas administrativas (regional y local).

El primer paso llevado a cabo ha consistido en la obtención de las superficies de parques y jardines de los distintos municipios del ámbito de estudio. Una vez esto, se ha estimado la cantidad de poda aproximada que se puede obtener de una superficie dada de parque o jardín. El ratio utilizado, como se acaba de comentar, se ha obtenido de los usados en varios estudios y publicaciones, llegando a determinarse que aproximadamente 1 m² de parque o jardín pueden producir anualmente 0,0015 t de poda. Utilizando este ratio, se ha extrapolado la cantidad de este tipo de biomasa que se genera anualmente en el ámbito de estudio.

Finalmente, para estimar la energía potencial por municipio por parte de poda de jardines, se ha considerado que aproximadamente una tonelada de este residuo puede generar 0,28 tep.

3.2.7.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LODOS DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

En este apartado se presenta una breve descripción de la metodología empleada para estimar la producción de lodos de las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR). Igualmente se recoge el procedimiento aplicado para determinar el potencial energético correspondiente a dichos lodos. Para ello, se han utilizado diversas fuentes de información:

- IDAE (2011): “Situación y potencial de generación de biogás. Estudio técnico PER 2011-2020”. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Sistema Integrado de Información del Agua (SIA) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Mantecón Pascual, R. (2007): “Características de los vertidos de aguas residuales y su incidencia en los sistemas de saneamiento”. *XXV Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras, Tomo I. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)*.
- Colomer Mendoza, F.J. (2008): “Valorización de lodos digeridos en depuradora. Balance energético”. 9º Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 9).

► Junta de Andalucía (2010): “Pliego de Bases Técnicas para diseño y construcción de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales”. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Con objeto de determinar la producción de lodos generados por las EDAR del ámbito de estudio, se han usado los datos disponibles en el Sistema Integrado de Información del Agua (SIA) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Tomando el parámetro “Caudal de diseño de las EDAR asociadas a Aglomeraciones urbanas (m³/día)” de la base de datos del SIA, y los parámetros de composición típica de aguas residuales y producción específica de lodos.

	mg/l
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	220
Sólidos totales (ST)	720

Composición típica aguas residuales domésticas no tratadas.

Fuente: CEDEX, 2007.

	Producción específica de lodos
Procesos de aireación prolongada	0,8
Procesos de película fija	0,8
Procesos de lodos activados	1
Valor medio	0,87

Producción específica de lodos.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2010.

Los valores estimados de lodos generados por dichas EDAR se consideran que son para una sequedad de entre el 20 y el 30%, que es la que se obtiene tras la centrifugación de fangos, proceso que es llevado a cabo en la actualidad en la inmensa mayoría de las EDAR. El Poder calorífico inferior (PCI) de un lodo de este tipo es de alrededor de 400 kcal/kg (Colomer Mendoza, 2008).

Los datos que se han presentado sintetizados por Comunidades Autónomas, dado que hay numerosas EDAR sin información sobre caudal en la base de datos del SIA, se han tomado de un estudio realizado por el IDAE (2011).

3.2.8.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ENERGÉTICOS

Los datos que se presentan provienen de dos fuentes diferentes. En primer lugar, se expone la estadística oficial de superficie de cultivos energéticos por la que se han solicitado ayudas en España en el año 2009. La fecha de la estadística es 2009 debido a que, como consecuencia de la última reforma de la PAC, éste ha sido el último año de vigencia de la ayuda a los cultivos energéticos. La eliminación de esta ayuda hace muy complicado en el futuro conocer la superficie de tierras agrarias destinada a este fin.

En segundo lugar, se han utilizado los datos sobre “masas susceptibles de implantación con fin energético” obtenidos por el IDAE en su evaluación del potencial de la biomasa en España (IDAE, 2011). En dicho estudio, han sido tenidas en cuenta las siguientes masas vegetales potencialmente implantables como cultivos energéticos:

► **Masas leñosas susceptibles de implantación:** Entre los géneros susceptibles de implantación, cabe destacar *Populus* (chopo), *Salix* (sauce), *Eucalyptus* (eucalipto) y *Quercus*. Los tres primeros son los más importantes, resaltándose las experiencias que se están llevando a cabo con otras especies (*Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Fraxinus spp.*, *Alnus spp.*, *Casuarina spp.*, *Gmelina arborea*, *Platanus spp.*, *Prosopis spp.*, *Tectona spp.*, *Ulmus pumila*, *Paulownia*). Dentro de las masas leñosas a implantar surge la necesidad de una nueva clasificación en función del tipo de terreno donde se lleva a cabo su implantación:

- Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal.
- Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola.

► **Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola:** La amplia mayoría de cultivos tradicionales pueden ser utilizados para producción de biomasa, tanto cereales (maíz, cebada, avena, centeno, triticale, etc.) como oleaginosas (colza, girasol). Algunos de ellos son cultivos de secano (*Triticale*, centeno, *Brassica carinata*, cardo, etc.) y otros necesitan riego (cáñamo, sorgo, etc.). Además, algunos son plurianuales (*Cynara cardunculus*, *Miscanthus sinensis*, etc.), mientras que otros son anuales (avena, etc.).

CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO Y LA TECNOLOGÍA PARA SU APROVECHAMIENTO

4.- CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE TIPOS DE BIOMASA Y BIOCOMBUSTIBLES

4.1.- CARACTERIZACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE LOS DISTINTOS TIPOS DE BIOMASA PARA SU VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

Para valorar la viabilidad del uso de la biomasa para su conversión en energía (técnica y económicamente), es necesario considerar ciertos parámetros y condiciones que la caracterizan:

1.- Tipo de biomasa.

Los recursos biomásicos se presentan en diferentes estados físicos que determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos de conversión energética que pueden aplicarse a cada tipo particular.

2.- Composición química y física.

Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible o sub-producto energético que se puede generar. Por otro lado, las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar.

3.- Contenido de humedad (H.R.).

El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética, es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo con un contenido de humedad muy superior, que obliga a implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía.

4.- Porcentaje de cenizas.

Éste indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues, en algunos casos, ésta puede ser utilizada para otros usos.

5.- Poder calórico.

El contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Su poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión, debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material.

6.- Densidad aparente.

Ésta se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta bajo condiciones dadas. En este sentido, combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los periodos entre cargas. Por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y, algunas veces, presentan problemas para fluir por gravedad, lo que complica el proceso de combustión y eleva los costos del proceso.

7.- Recolección, transporte y manejo.

Éstos son factores determinantes en la estructura de costos de inversión y operación en todo proceso de conversión energética de la biomasa. La ubicación del material con respecto a la planta de procesamiento y la distancia hasta el punto de utilización de la energía convertida, deben analizarse detalladamente para lograr un nivel de operación del sistema por encima del punto de equilibrio, con relación al proceso convencional.

8.- Disponibilidad.

Es importante conocer el periodo de tiempo en el que se tiene disponibilidad de los diferentes tipos de biomasa, ya que en algunos casos éste es reducido a un periodo determinado

de tiempo a lo largo del año, en función de la actividad agrícola, forestal e industrial al que vaya asociado.

Por tanto, teniendo en cuenta todas estas características de interés para cada tipología de biomasa, a continuación, se va a analizar en detalle cada tipo de biomasa destacándose algunas de esas características en cada caso.

4.1.1.- RESIDUOS FORESTALES

Los residuos de origen forestal pueden dividirse en residuos de poda o residuos de corta.

Los primeros provienen de la necesidad de realizar tratamientos selvícolas de mantenimiento y mejora de los montes y masas forestales, mediante talas, podas, limpieza de matorrales, etc. Estos trabajos generan unos residuos que deben ser retirados del monte, pues son un factor de riesgo de grave importancia para la propagación de plagas e incendios forestales. Dentro de este grupo se incluyen la leña de encina y alcornoque, que se utiliza para calefacción doméstica, también la de pino que se utiliza en algunas zonas para la elaboración de carbón vegetal.

Los segundos, procedentes de la corta de pies, se generan en la limpieza de los pies maderables y constituyen cerca de la tercera parte del árbol. Como en el caso anterior, si no se retiran pronto del monte se convierten en factor de alto riesgo de incendios. El hecho de que estos residuos se generen dentro de una actividad comercial puede permitir su recogida, mejorando sus posibilidades de utilización en el campo energético.

En algunos casos, la biomasa obtenida como resultado de las claras de las repoblaciones y de los tratamientos del monte bajo mediterráneo de quercíneas, por ejemplo, es positiva para la mejora en calidad de las masas forestales. La superficie ocupada en ambos casos es importante, y podría incrementarse de producirse nuevas repoblaciones promovidas por planes forestales.

A la superficie anterior, habría que sumar una superficie importante ocupada en España por matorral, de variada composición y significación ecológica, pero con posibilidades en algunos casos de ser utilizada como biomasa, si su gestión se hace conforme a criterios de protección de suelo, biodiversidad y paisaje.

Al hilo de lo anterior, los desbroces de matorral (superficies antaño utilizadas por la ganadería y hoy abandonadas) y la retirada de residuos de madera seca, es también una estrategia necesaria para aminorar el efecto devastador de los incendios forestales.

Entre los distintos tipos de estos residuos, la corteza de eucalipto es la que presenta un mayor contenido en humedad y por tanto menor poder calorífico inferior.

Para el aprovechamiento energético de los residuos forestales, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones de interés:

► La utilización de restos forestales como biomasa no es aceptable:

- En espacios pertenecientes a la Red Natura 2000, salvo que los planes o instrumentos de gestión en vigor lo permitan. En todo caso, y de forma general, dicha compatibilización debe atenerse a lo establecido en las Directrices de conservación de la Red Natura 2000.

- En bosques viejos (estructura, edad y composición que les confiere el carácter de bosque maduro), y masas forestales con presencia de especies amenazadas sensibles a los aprovechamientos selvícolas.
- En zonas de pendiente pronunciada.
- En suelos pobres.

► Uno de los factores más importantes es la optimización económica, para ello es necesario:

- Planificar las operaciones a realizar.
- Organizar el trabajo de la maquinaria para alcanzar un número de horas suficientes que reduzca el coste fijo horario.
- Conveniencia del astillado in situ /compactado (astillado en planta).

4.1.2.- RESIDUOS AGRÍCOLAS

Se incluyen en esta denominación todos los residuos que se generan directamente en el campo tras la cosecha del producto. Dependiendo del cultivo se pueden agrupar como residuos de cultivos leñosos que incluyen la poda de los árboles frutales, cítricos, vid y olivar; y residuos de cultivos herbáceos, que están formados por los restos que quedan después de la cosecha.

Los usos que tienen principalmente este tipo de residuos son varios: para la alimentación animal, para incorporar al terreno como abono directamente, o se queman.

Los cultivos con mayor potencialidad o disponibilidad para su valorización energética son aquellos que:

- Cuentan con una elevada densidad energética superficial, es decir, producen una gran cantidad de biomasa por unidad de superficie.
- No tienen usos alternativos de gran viabilidad económica, como puede ser la alimentación animal. Por ejemplo, en Andalucía, la paja de cereal no es considerada como potencial de biomasa precisamente por este motivo, sin embargo, en otras comunidades autónomas la paja si se emplea como combustible.
- Existe una superficie importante de cultivo y se encuentra relativamente concentrado.
- Su eliminación de la zona de cultivos supone un coste para el agricultor.
- Actualmente, existen tecnologías capaces de obtener este residuo como tal a un precio competitivo.

Su aprovechamiento energético tendría varias consecuencias positivas, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Disminuiría el riesgo de incendios en campo.

- Disminuiría la aparición de plagas, ya que la incorporación en determinadas condiciones de los residuos al terreno transmite enfermedades.
- Podría representar un menor coste para el agricultor al pasar de considerarse un residuo a subproducto, con un valor residual comercializable que repercutiría positivamente en la balanza de ingresos y gastos.
- Habría la posibilidad de emplear maquinaria convencional adaptada.
- Se crearían empresas de servicio integral o diversificación de las ya existentes. La recogida de residuos la pueden realizar las empresas que le dan servicios al agricultor de abonado, recolección de cosecha, etc.

Para poder aprovechar energéticamente estos residuos, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones de interés:

- ▶ No se consideran aprovechables aquellos cultivos que se encuentran en terrenos con pendientes superiores al 10%, debido a la dificultad de su mecanización, ya que los rendimientos de las máquinas se reducen al trabajar en pendientes superiores al 5%.
- ▶ Debido al breve periodo de campaña de trabajo agrícola, es necesaria la recogida rápida en campo de estos residuos, por la climatología y para no entorpecer las labores agrícolas posteriores. Esto se traduce en la necesidad de disponer de un elevado número de máquinas y en un coste horario de la máquina mayor, ya que se utiliza un corto periodo de tiempo en el año.
- ▶ Su uso alternativo en alimentación animal o cama de ganado no esté muy instaurado en la zona.
- ▶ Poder garantizar su suministro. Para que una planta de generación de energía con biomasa pueda funcionar, es necesario garantizar el suministro durante 10 años como mínimo.

Por último, de forma general, el aprovechamiento energético de los residuos agrícolas presenta las ventajas de todas las energías renovables y algunas específicas asociadas al propio residuo agrícola, aplicables también a los residuos forestales. Los inconvenientes del aprovechamiento energético de los residuos se encuentran asociados principalmente a la logística.

Dentro de este tipo de biomasa, es importante destacar aquella proveniente de la poda del olivar, ya que el olivar destinado a aceituna de mesa debe ser podado anualmente, mientras que el destinado a la obtención de aceite de oliva se poda cada dos años. Como media, puede considerarse que 1 ha de olivar genera 3 t de poda, por lo que de media se generan más de 2.000.000 de t de poda al año (Agencia Andaluza de la Energía, 2011).

El uso energético de la poda ha estado ligado tradicionalmente al empleo de la leña como combustible doméstico. Sin embargo, durante la última década, el uso de la poda de olivo como combustible en forma de astilla ha experimentado un notable incremento debido a:

- ▶ La mejora de la retribución económica de los residuos agrícolas para generación de electricidad en el RD 661/2007.

- ▶ La necesidad de introducir nuevas fuentes de biomasa en plantas de generación eléctrica existentes y de nueva construcción.
- ▶ Expectativas surgidas en torno a la producción de pellets para uso doméstico.

Todo ello ha contribuido a desarrollar un incipiente sector, que incluye a empresas de fabricación y distribución de maquinaria agrícola, adaptada y/o específica al procesado y acopio de biomasa en campo, a las empresas de servicio agrícola, a empresas comercializadoras de biomasa, y por supuesto a promotores y consultores energéticos.

Aun así, el uso actual de este tipo de biomasa no alcanza ni el 10% de todo su potencial, y hay además grandes diferencias en cuanto a zonas geográficas, que determina que en algunas comarcas su aprovechamiento sea inexistente.

Esto se debe a que su desarrollo depende de la demanda y el consumo que de ella se realice, y en la actualidad este consumo está ligado casi exclusivamente a las plantas de generación eléctrica con biomasa, por lo que en aquellas zonas donde no hay posibilidad de venta, la quema y el aporte al suelo siguen siendo las únicas opciones del agricultor.

4.1.3.- RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Con este nombre se engloban aquellos residuos que se generan a lo largo de la actividad productiva de las industrias agrícolas, sin considerar aquí los subproductos generados en ellas, que en muchas ocasiones son realmente materias primas o subproductos que encuentran aplicaciones en otras industrias.

Este tipo de residuo es muy variado y diverso, siendo los más utilizados en España como combustibles para valorización energética, fundamentalmente, los provenientes de las siguientes industrias:

- ▶ Residuos de la industria del olivar: orujillo, hueso de aceituna, alperujo y alpechín.
- ▶ Residuos de la industria vinícola: orujos, lías y hollejos.
- ▶ Residuos de las industrias cerveceras y de la sidra: bagazo o cebadilla y magalla, respectivamente.
- ▶ Residuos de las industrias cerealistas: paja de cereal.
- ▶ Residuos de la industria azucarera: pulpa y melaza.
- ▶ Residuos de las industrias hortofrutícolas y de transformación: pieles, pepitas, huesos, pulpas, frutos en mal estado (no comercializables) y excedentes, etc.
- ▶ Residuos de las industrias procesadoras de frutos secos: cáscara de almendras y de piñones.

Normalmente, estos combustibles son económicos y de buena calidad, aunque para algunos tipos, la calidad puede variar según la industria de la que vengan. En general, antes de su uso como combustible, a dichos residuos se les suele reducir su grado de humedad mediante procesos de secado, para así aumentar su poder calorífico inferior.

Un factor muy importante a considerar para el potencial uso energético de estos residuos es su disponibilidad geográfica y temporal. Normalmente, cuando un establecimiento genera un gran volumen de un residuo, o diversos establecimientos se concentran en un área determinada, los residuos son recogidos y aprovechados como materias primas en otras industrias. Cuando la cantidad de biomasa generada es reducida, estos restos suelen ser empleados como combustibles para uso doméstico o industrial en zonas circundantes, o bien son rechazados como residuos sin valor.

4.1.4.- RESIDUOS INDUSTRIALES DE APROVECHAMIENTO FORESTAL

Estos residuos son los procedentes de las siguientes industrias forestales:

- ▶ **Aserraderos:** se generan cortezas, serrines, virutas, costeros y leñas. Se suelen aprovechar para otros usos, como la fabricación de derivados de madera (serrines o tableros). Estos residuos, a su vez, pueden utilizarse con fines energéticos para autoconsumo de la propia industria maderera, por ejemplo en secaderos de madera, industrias de pasta de celulosa, etc. En el caso de virutas, astillas y costeros, éstos se pueden utilizar para la producción de calor, mientras que todos ellos (cortezas, serrines, virutas, costeros y leñas), triturados, secados y compactados pueden utilizarse para la elaboración de pellets.
- ▶ **Industrias de segunda transformación de la madera (fabricación de muebles, utensilios y otros productos de madera):** se generan tacos, virutas y serrines, que pueden ser aprovechados energéticamente. No obstante, suelen ser utilizados también como materia prima para elaboración de tableros, así como en explotaciones agropecuarias.

Además de los anteriores residuos, se generan otros de envases y embalajes de madera, como palés. Cuando éstos se rompen o entran en desuso, constituyen un residuo susceptible de ser valorizado. En la actualidad, existen varias empresas que están utilizando estos residuos para su aprovechamiento, aunque de momento no con fines energéticos. Los restos de envases de madera se trituran y se venden principalmente a empresas de segunda transformación de la madera, o se utilizan conjuntamente con restos de podas para la elaboración de sustrato animal (bases para cuadras, granjas, etc.).

Estos residuos se encuentran muy localizados, por lo que mediante un sistema logístico adecuado pueden ser concentrados con mayor facilidad, siendo los costes de extracción y transporte menor.

Es importante destacar que los restos de madera deben usarse antes de su transformación en las industrias forestales (recortes, astillas, serrín, viruta, madera utilizada, papel, etc.), ya que muchos restos de madera, madera reciclada, etc., están tratados con sustancias químicas tóxicas (pentaclorofenol, formaldehído, creosota, sales mercuriales, arsénico, etc.), que en ningún caso deben ser quemadas, puesto que al volatilizarse pueden ser inhalados por los seres vivos.

4.1.5.- RESIDUOS GANADEROS

Los residuos ganaderos son la mezcla resultante de los excrementos del ganado y del material sobre el cual se recogen. Los excrementos pueden ser líquidos y sólidos y sus características dependerán de:

- ▶ El tipo de ganado.

- ▶ El tipo de alojamiento.
- ▶ El tipo y cantidad de la cama.
- ▶ El grado de dilución del agua.
- ▶ La alimentación.

Los residuos ganaderos susceptibles de aprovechamiento energético, siempre que éstos se generen en explotaciones ganaderas intensivas, son:

- ▶ Ganado porcino: purines.
- ▶ Ganado vacuno: estiércol.
- ▶ Ganado avícola : gallinaza.
- ▶ Otras especies (ovina, caprina).

Los residuos ganaderos se han empleado tradicionalmente en las explotaciones agrícolas como fertilizantes orgánicos, sobre todo en el caso de las explotaciones extensivas. Sin embargo, en zonas de concentración de explotaciones intensivas, la elevada tasa de generación de residuos con altas cargas contaminantes, la ausencia de superficie de parcelas suficiente para aplicar la totalidad del residuo, o la imposibilidad técnica, hacen que se precise una gestión adecuada de la reducción de contaminantes distinta del uso como fertilizante.

Una de las técnicas más conocidas para la gestión energética de los residuos ganaderos, mediante la cual se utilizan como biocombustibles, es la producción de biogás a través de la digestión anaerobia de los residuos. Esto conlleva una serie de ventajas e inconvenientes, las cuales se recogen a continuación:

▶ Ventajas:

- El balance energético es positivo y mucho más favorable que otros sistemas biológicos de eliminación de materia orgánica.
- Es rentable en granjas que consuman energía térmica, ya sea para sustituir otra fuente de energía o para venderla a un precio de mercado dado.
- La producción de fangos (residuos) es muy inferior a los sistemas aerobios para el tratamiento de aguas residuales.
- La eliminación de unos residuos potencialmente contaminantes de suelo y aguas, que además algunos de ellos generan emisiones de gases de efecto invernadero, como puede ser el metano.
- Sustituye a combustibles fósiles, evitando así las emisiones de CO₂, y permitiendo una menor dependencia exterior energética.
- Genera unos ingresos adicionales además de puestos de trabajo en el área rural.

► Inconvenientes:

- La presencia de inhibidores o tóxicos, las altas concentraciones de nitrógeno amoniacal en granjas porcinas de engorde, las prácticas de desinfección de las naves, la periodicidad en las prácticas de limpieza con grandes caudales de agua, las variaciones en las dietas del ganado, etc., afectan a la composición del residuo final y a su evolución a lo largo del año.
- Diversos estudios económicos de plantas de biogás en explotaciones ganaderas han aportado umbrales de rentabilidad muy diferentes (según precios de la energía, tipo de animales, tipo de tecnología, coste del capital, subvenciones posibles). Una herramienta para el estudio de rentabilidades es ECOGAS.
- El interés en la implantación de una planta de biogás en una explotación ganadera está marcada por los consumos de energía que ésta pueda tener. Así, las granjas de ganado vacuno, o las de porcino de engorde, no presentan consumos de energía térmica, con lo cual, a pesar de que se implante un sistema de cogeneración con venta de energía eléctrica, éstas no pueden rentabilizar fácilmente la producción de esta energía.
- El objetivo del ganadero es el engorde de los animales para la producción de carne; y la introducción de un sistema de producción de energía, o depuración, en la propia granja, es ajeno a los conocimientos técnicos necesarios para la consecución de este objetivo. Esto implica que la planta de biogás y el sistema de aprovechamiento energético deben funcionar de forma muy automatizada, sin necesidad de continuas intervenciones de personal, o, en todo caso, de personal técnico cualificado muy accesible.

4.1.6.- RESIDUOS VEGETALES DE PARQUES Y JARDINES

Los parques y jardines urbanos generan a lo largo del año una gran cantidad de residuos que, en gran parte, se eliminan mediante vertido controlado en vertedero. Es por ello que este tipo de biomasa residual posee un importante potencial para su aprovechamiento como combustible a escala local. Es importante mencionar que en muchos casos estos restos vegetales se están reutilizando como abono orgánico en estas zonas verdes o triturado para otros usos (como el recubrimiento de parterres, etc.).

Las características de la generación de este tipo de residuos es diferente dependiendo de la tipología que posean. En un estudio de la Agencia de Residuos de Cataluña (2006) se establece la siguiente caracterización en función del tipo de materia residual:

- Césped y hojas: Relativas pocas cantidades generadas regularmente durante el período vegetativo. Características (C/N, humedad, no leñoso) similares a la fracción orgánica de los residuos urbanos.
- Material leñoso: Grandes volúmenes generados ocasionalmente e irregularmente en el tiempo y en el territorio. Es material leñoso y voluminoso.

Los mayores productores de estos residuos vegetales son las corporaciones locales, aunque los restos de poda provenientes de propietarios privados también adquieren relevancia en muchos

municipios. Es por ello que, dependiendo de la titularidad y características del residuo, el sistema de recogida óptimo puede ser diferente, contemplándose desde la incorporación al circuito de recogida de residuos urbanos, mediante contenedores o a través de una recogida puerta a puerta, o el empleo de brigadas municipales (o empresas externas) especializadas.

4.1.7.- LODOS DE EDAR URBANAS

Es el sedimento acuoso en el que se concentran los sólidos sedimentados o decantados de un agua bruta, o bien de un reactor biológico, en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) urbanas. Se pueden diferenciar distintos tipos de lodos, en función del tratamiento que hayan sufrido:

- ▶ Lodo crudo: es aquel que no ha sido tratado ni estabilizado, que puede extraerse de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- ▶ Lodo primario: el producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales. Consiste en productos no disueltos de las aguas residuales. El lodo en el fondo del tanque primario de sedimentación se llama también lodo primario. Su composición depende de las características del área de recogida de las aguas. Contiene generalmente una gran cantidad de material orgánico, vegetales, frutas, papel, etc. Se caracteriza por ser un fluido denso con un porcentaje en agua que varía entre el 93-97%.
- ▶ Lodo activo: es el resultante de la eliminación de materia orgánica disuelta y nutrientes en las aguas residuales durante el tratamiento biológico del agua. Normalmente está en forma de flóculos que contienen biomasa viva y muerta, además de partes minerales y orgánicas absorbida y almacenada.
- ▶ Exceso de lodo, lodo secundario: es el resultado de eliminar la biomasa en exceso de la planta biológica de tratamiento. Éste contiene partículas no hidrolizables y biomasa resultado del metabolismo celular.
- ▶ Lodo terciario: el que se obtiene a través de tratamientos posteriores, por ejemplo, la adición de agentes floculantes.
- ▶ Fango/lodo digerido: es el que tiene lugar en los procesos de digestión aeróbica. Contiene una proporción de materia orgánica del orden del 45-60%.

Los lodos pueden encontrarse con diferentes porcentajes de agua. De esta forma, los lodos deshidratados según el grado de humedad se pueden dividir en:

- ▶ Lodos pastosos: 30-50% de materia seca (MS). Permite su vertido al terreno.
- ▶ Lodos secos: 50-90% MS. Lodo estabilizado y sin olor.
- ▶ Lodos totalmente secos: > 90% MS. Lodo estabilizado y sanitariamente seguro. Permite un almacenamiento de larga duración.

La estabilización se efectúa de forma más usual mediante el tratamiento biológico (digestión anaeróbica), el cual permite la generación de biogás, que normalmente es utilizado:

- ▶ Para la producción de la energía interna necesaria para el propio proceso, es decir, el calentamiento necesario del digestor, así como para obtener energía para el secado térmico del fango o deshidratación.
- ▶ También puede ser exportada para producción de energía por cogeneración, aunque es necesario un proceso de limpieza del mismo, donde se reduzca la cantidad de sulfuro de hidrógeno que pudiera contener, así como otros compuestos como siloxanos.

En los últimos años, los problemas de almacenamiento y eliminación de lodos se han agravado como resultado del incremento del volumen de agua depurada y, en consecuencia, el volumen de lodos a gestionar. El uso más conocido para estos lodos es el de servir como abono, mediante su uso directo o previa transformación en compost, siendo mezclados en muchos casos con residuos de más elevado contenido en carbono (como por ejemplo restos de podas), con el fin de lograr una relación C/N más apta para el uso agrícola. Utilizar los lodos como enmienda orgánica es sin duda la opción más favorable desde el punto de vista económico y ambiental, preferiblemente compostados y estabilizados. No obstante, es necesario hacer hincapié en que su aplicación puede presentar riesgos de contaminación en los suelos, por lo que la cantidad que se puede aplicar en un determinado terreno debe establecerse en función de las características agronómicas y edafológicas de dicho suelo y del propio lodo. Esto hace necesario conocer la composición de los lodos y especialmente su contenido en metales pesados, ya que estos elementos son tóxicos y se acumularían en la cadena alimentaria. Por lo tanto, la elevada concentración de metales pesados en los lodos, circunstancia que se da con cierta frecuencia, se configura como uno de los principales condicionantes para la utilización de los mismos como abono. Otro inconveniente que en la actualidad presenta este uso es que los lodos de depuradora compiten con otros residuos también aptos para producir compost, como son los residuos urbanos y los residuos agropecuarios.

Por otra parte, se ha observado un incremento continuado en la generación de lodos de depuradora, debido al importante aumento en la depuración de aguas residuales urbanas, como consecuencia de la aplicación de la Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Esta directiva impuso la obligación a todos los municipios con más de 2.000 habitantes de depurar sus aguas residuales antes del 31 de diciembre de 2005. En la actualidad, aún hay municipios que incumplen este precepto normativo, por lo que se prevé que en los próximos años siga incrementándose la dicha cantidad de aguas residuales depuradas y, por tanto, la cantidad de lodos producidos.

Debido a todas las circunstancias señaladas, en la actualidad, la oferta de compost ha superado a la demanda de dicho producto, por lo que hay lodos que no tiene ningún uso hoy en día. Finalmente indicar, que el Plan Nacional de Lodos de depuradora, establece la valorización energética de lodos entre los usos preferentes a dar a los mismos, y tenía establecido como uno de sus objetivos para el año 2010 que un 15% de lodos de depuradora sean valorizados energéticamente. Por todo lo anterior, la valorización energética de lodos de depuradora ha pasado a ser una posible salida a considerar para los mismos.

4.1.8.- CULTIVOS ENERGÉTICOS

En el marco de este estudio son considerados cultivos energéticos aquellos que están dedicados exclusivamente a la producción de energía. Las características principales que los definen son su gran productividad de biomasa y su elevada rusticidad.

Estos cultivos pueden ser clasificados atendiendo a diferentes criterios, siendo el más utilizado ac-

tualmente el que hace referencia al tipo de aprovechamiento energético. Siguiendo dicho criterio, los cultivos energéticos se agrupan en cuatro categorías:

- ▶ Cultivos oleaginosos (herbáceos y leñosos): utilizados para la producción de aceite transformable en biodiésel. Son destacables el girasol, la colza, la soja, la palma, y otros como *Jatropha curcas*, *Ricinus communis* y *Linum usitatissimum*.
- ▶ Cultivos alcoholígenos (herbáceos): utilizados para la producción de bioetanol o para la producción de aditivos antidetonantes exentos de plomo como el Etil-Terbutil-Eter (ETBE). Pueden destacarse la remolacha, la caña de azúcar, la pataca (*Helianthus tuberosus*) y el sorgo azucarero (*Sorghum bicolor*).
- ▶ Cultivos lignocelulósicos (herbáceos y leñosos): utilizados para la producción de biocombustibles sólidos utilizables tanto para producir biocarburantes de segunda generación como para producir energía eléctrica o térmica. Cabe citar las especies leñosas cultivadas en alta densidad y corta rotación (eucaliptos, acacias, o chopos, en zonas de climatología adecuada) y especies herbáceas de alta producción como el cardo de la especie *Cynara cardunculus*.
- ▶ Cultivos amiláceos y/o inulínicos (herbáceos): utilizadas para producir bioetanol a partir de la fermentación de los azúcares, pero mediante una hidrólisis previa de sus azúcares complejos para convertirlos en azúcares más simples. Es el caso de los cereales, como el trigo, cebada y maíz dulce principalmente, y la patata en el caso de cultivos inulínicos.

La gran superficie cultivable existente en España, unida a la incertidumbre futura de la Política Agraria Común, dotan de un gran potencial al país para impulsar los cultivos energéticos. No obstante, el desarrollo de estos cultivos exige considerar, al menos, los siguientes criterios (IDAE, 2007):

- ▶ Que se adapten a las condiciones edafo-climáticas del lugar donde se implanten: las plantas dan las productividades mayores en aquellos lugares que reúnen condiciones que les sean más favorables.
- ▶ Que tengan altos niveles de productividad en biomasa con bajos costes de producción: las explotaciones que requieren mucha atención cultural son complicadas y caras de explotar.
- ▶ Que sean rentables, económicamente hablando, para el agricultor.
- ▶ Que no tengan, en lo posible, un gran aprovechamiento alimentario en paralelo, con el objetivo de garantizar el suministro, sin una subida de precios que perjudique a la larga tanto a la explotación agrícola en sí como a las industrias alimentaria y energética.
- ▶ Que tengan un fácil manejo y que requieran técnicas y maquinarias lo más conocidas y comunes entre los agricultores.
- ▶ Que presente balance energético positivo. Es decir que se extraiga de ellos más energía de la que se invierte en el cultivo y su puesta en planta de energía.
- ▶ Que la biomasa producida se adecue a los fines para los que va a ser utilizada: como materia prima para pellets, para producción térmica, para generación o cogeneración de calor y electricidad.

- Que no contribuyan a degradar el medio ambiente (por ejemplo, empobrecer el suelo) y permitan la fácil recuperación de la tierra, para implantar posteriormente otros cultivos en algunos casos. Cuando sea posible, que la rotación sea factible y beneficiosa en todas las etapas.

4.1.9.- DISPONIBILIDAD TEMPORAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE BIOMASA

En función del tipo de biomasa, su producción podrá concentrarse en una determinada época del año o repartirse a lo largo del mismo. Es por ello que a continuación se recoge en una tabla para cada una de las biomásas analizadas en el presente estudio el periodo del año en el que estarían disponibles en mayor medida.

Tipo de biomasa	E	F	MR	AB	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D
Residuos forestales												
Residuos agrícolas (cultivos herbáceos, olivar, frutales y viñedos)												
Residuos agroindustriales (hueso aceituna, orujillo, cáscara almendra y piñón)												
Residuos industriales de aprovechamiento forestal												
Residuo ganaderos												
Restos vegetales de parques y jardines												
Lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas												
Cultivos energéticos												

Tabla resumen de la disponibilidad a lo largo del tiempo de los diferentes tipos de biomasa producidos en España.
Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes de información publicadas y datos aportados por agentes implicados.

4.2.- DIAGNÓSTICO DE LOS TIPOS DE BIOMASA

Una vez analizados en detalle los diferentes tipos de biomasa, susceptibles de valorización energética, a continuación se recoge de forma sintética en una matriz DAFO las oportunidades y amenazas que existen al respecto, y las fortalezas y debilidades de cada una.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Residuos forestales	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor valor a productos actualmente desechados (restos de podas, descope, desbroces para cortafuegos, tratamientos forestales), rentabilizando tareas y trabajos forestales importantes. - Generación de puestos de trabajo/fijación de población en zonas con problemas de despoblamiento. - La economía de la región se ve fortalecida y se fomenta el empleo local en la zona; ya que el valor añadido permanece en la misma región. - Precio al alza de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participen en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible competencia del recurso para otros usos. - Inexistencia de una cadena de suministro y mercado de esta biomasa. - Interferencia con políticas ambientales, agrícola y forestal que puedan disminuir la cantidad de biomasa recolectable. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altas existencias actualmente no aprovechadas. - Elevada densidad aparente. - Elevado poder calorífico. - Disponibilidad a lo largo de gran parte del año. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispersión en el espacio. - Dificil accesibilidad. - Variedad en tamaño y composición de la biomasa. - Presencia de impurezas (piedras, plásticos, tierra y otros productos). - Alto grado de humedad. - Importante logística y coste para su recolección, transporte y manejo.

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Residuos agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> - Creación de empresas de servicio integral de este residuo o diversificación de las ya existentes. La recogida de residuos la pueden realizar las empresas que le dan servicios al agricultor de abonado, recolección de cosecha, etc. - Creación de un nuevo sector comercial y económico. - Precio al alta de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participen en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible competencia del recurso para otros usos. - Inexistencia de una cadena de suministro y mercado de esta biomasa. - Interferencia con políticas ambientales, agrícola y forestal que puedan disminuir la cantidad de biomasa recolectable. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altas existencias actualmente no aprovechadas.. - Bajo coste de producción por ser subproductos o residuos de un proceso. - Poder calorífico variable, según tipo de residuo. - Buena imagen como fuente de energía. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado grado de humedad. - Baja densidad aparente. - Disponibilidad estacional. - Gran dispersión de la biomasa en el espacio. - Compleja logística y elevado coste para su recolección, transporte y manejo. - Presencia de productos indeseables (piedras, arena, pesticidas).

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Residuos agroindustriales	<ul style="list-style-type: none"> - Precio al alza de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participan en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible competencia del recurso para otros usos. - Inexistencia de una cadena de suministro y mercado de esta biomasa. - Interferencia con políticas ambientales, agrícola y forestal que puedan disminuir la cantidad de biomasa recolectable. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta disponibilidad de diferentes tipos de biomasa. - Bajo coste de producción por ser subproductos o residuos de un proceso. - Normalmente, con elevado poder calorífico. - Se pueden encontrar muy concentrados, favoreciendo esto un menor coste para su recolección y transporte. - Buena imagen como fuente de energía. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto porcentaje de cenizas, aunque es aceptable. - Importantes labores de mantenimiento. - Disponibilidad estacional. - Composición variable. - Algunos con importante grado de humedad. - Necesidad de realizar labores de recogida y almacenamiento.

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Residuos industriales de aprovechamiento forestal	<ul style="list-style-type: none"> - Precio al alza de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participan en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible competencia del recurso para otros usos. - Inexistencia de una cadena de suministro y mercado de esta biomasa. - Interferencia con políticas ambientales, agrícola y forestal que puedan disminuir la cantidad de biomasa recolectable. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altas existencias actualmente no aprovechadas. - Se encuentran muy concentrados, favoreciendo esto un menor coste para su recolección y transporte. - Elevado poder calorífico. - Disponibilidad durante todo el año. - Buena imagen como fuente de energía. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de realizar labores de recogida y almacenamiento. - Tienen gran heterogeneidad de tamaños y formas, por lo que requieren de la aplicación de un proceso mecánico.

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Residuos ganaderos	<ul style="list-style-type: none"> - Autoconsumir una energía renovable para uso térmico, no dependiente de combustibles fósiles. - Aprovechar energéticamente un residuo cuyo tratamiento y gestión como tal es complicado. - Precio al alta de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participan en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se gestionen adecuadamente estos residuos, produciendo altos niveles de contaminantes en aguas superficiales y subterráneas del entorno de granjas ganaderas. - Plantas de biogás en explotaciones ganaderas tienen umbrales de rentabilidad muy diferentes, según precios de energía, tipo de animales, tipo de tecnología, coste del capital, y subvenciones posibles. - Los ganaderos no tienen formación en plantas de biogás. - Posible competencia del recurso para otros usos. - Inexistencia de una cadena de suministro y mercado de esta biomasa. - Interferencia con políticas ambientales, agrícola y forestal que puedan disminuir la cantidad de biomasa recolectable. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altas existencias actualmente no aprovechadas. - Se encuentran concentrados normalmente. - Disponibilidad a lo largo de todo el año. - Poder calorífico variable, según el residuo. - Se puede valorizar energéticamente por digestión anaerobia normalmente. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado grado de humedad. - Presencia de inhibidores o tóxicos. - Su composición puede variar a lo largo del año, en base a diferentes factores. - Se requiere personal formado para plantas de biogás e inversiones importantes. - Rentable sólo para autoconsumo como energía térmica.

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Residuos vegetales de parques y jardines	<ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo una gestión completa de este tipo de residuo a nivel local, con una finalidad energética de aprovechamiento también a nivel local. - Precio al alza de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participan en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de un recurso con un potencial energético muy elevado. - Riesgos de incendios por una mala gestión de este residuo. - Posible competencia del recurso para otros usos. - Inexistencia de una cadena de suministro y mercado de esta biomasa. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altas existencias actualmente no aprovechadas. - Gestión local de este residuo. - Buena imagen como fuente de energía. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de realizar labores de recogida y almacenamiento. - Variedad en tamaño y composición de la biomasa.

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Lodos de EDAR	<ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo una gestión completa de este tipo de residuo a nivel local, con una finalidad energética de aprovechamiento también a nivel local. - Precio al alza de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participan en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de un recurso con un potencial energético muy elevado. - Riesgos de incendios por una mala gestión de este residuo. - Posible competencia del recurso para otros usos. - Inexistencia de una cadena de suministro y mercado de esta biomasa. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altas existencias actualmente no aprovechadas. - Gestión local de este residuo. - Buena imagen como fuente de energía. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de realizar labores de recogida y almacenamiento. - Variedad en tamaño y composición de la biomasa.

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biomasa	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Cultivos energéticos	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivar terrenos agrícolas que han perdido las ayudas de la PAC con este tipo de cultivos, y aprovecharlos para un uso energético a nivel local o comarcal. - Posibilidad de desarrollarse en tierras marginales o en tierras retiradas de la producción de alimentos. - Posibilidad de recuperar fácilmente las tierras después de finalizar el cultivo energético para realizar otros cultivos. - Rebajar la concentración de gases de efecto invernadero, y permite capturar más carbono del producido. - Precio al alta de otros combustibles usados. - Posibilidad de tomar posición en el mercado empresas que participen en la gestión y distribución de biomasa. - Apoyo al uso de la biomasa con fines energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible competencia futura con otros cultivos agrícolas de uso alimentario. - Riesgo de sequía: requieren mucha agua los cultivos más productivos. - Interferencia con políticas ambientales, agrícola y forestal que puedan disminuir la cantidad de biomasa recolectable. - Incremento de precios en caso de altos aumentos de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Buena imagen como fuente de energía. - Alto potencial energético. - Precios independientes de otras fuentes de energía actualmente al alza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de realizar labores de recogida. - Escasa superficie de cultivos energéticos. - Plantar especies vegetales agrícolas desconocidas para los agricultores.

Matriz DAFO de tipos de biomasa.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

4.3.- CARACTERIZACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

El desarrollo del mercado de la biomasa ha permitido que, en la actualidad, exista una gran variedad de biocombustibles, tanto sólidos, líquidos, como gaseosos. De entre todos ellos, aquellos más empleados comúnmente son los siguientes:

- ▶ Pellets.
- ▶ Briquetas.
- ▶ Astillas, provenientes de las industrias de primera y segunda transformación de la madera o de tratamientos silvícolas y forestales (podas, clareos, cultivos energéticos leñosos, etc.).
- ▶ Leña, que puede producirla el propio usuario u obtenerse en el mercado.
- ▶ Residuos agroindustriales, como los huesos de aceituna, orujillo, cáscaras de frutos secos (almendras, piñones), etc.
- ▶ Biogás, de diversas fuentes, como las estaciones depuradoras de aguas residuales o los residuos agroganaderos.
- ▶ Biocarburantes, procedentes en su mayor parte de cultivos energéticos.

Las especificaciones dependen de la forma de comercialización y de las propiedades del biocombustible ya que éstas influyen directa o indirectamente en su manipulación así como en sus propiedades de combustión. La biomasa se comercializa en muchas formas y tamaños.

A continuación, se van a analizar las características más importantes de cada uno de ellos.

4.3.1.- PELLETS

Los pellets son un biocombustible estandarizado a nivel internacional lo que garantiza una calidad y propiedades físico-químicas homogéneas independientemente del punto de origen y permitiendo su uso por cualquier tipo de tecnología con este combustible. Se conforman como pequeños cilindros procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de otras industrias, o a partir de astillas y otras biomásas de diversos orígenes. En el proceso de pelletización no se utilizan productos químicos, sino simplemente presión y vapor, aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.

Las características principales de los tipos de pellets existentes se muestran en las tablas siguientes.

	Pellet baja calidad	Pellet estándar	Pellet alta calidad
Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
Poder Calorífico Inferior (kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10

Características generales de los tipos de pellets existentes.

Fuente: IDAE.

	Pellet baja calidad	Pellet estándar	Pellet alta calidad
Densidad (kg/m ³)	> 1.000	1.000-1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4-10	< 8

Características generales de los tipos de pellets existentes.

Fuente: IDAE.

Propiedad	A	B	C	Análisis
Origen	Biomasa leñosa sin corteza			Documentación
Diámetro (D) y Longitud (L)*	D 6 ± 1 mm ó D 8 ± 1 mm L 5-40 mm			Muestreo en el almacén
Humedad b.h. (M)	M 10 ≤ 10%			UNE-CEN/TS 14774-2
Cenizas (A)	A 0,5 ≤ 0,5%		A 1,0 ≤ 1,0%	UNE-CEN/TS 14775
Durabilidad (DU)	DU 96,5 ≥ 96,5%	DU 97,5 ≥ 97,5%	DU 95 ≥ 95%	UNE-CEN/TS 15210-1
Finos (F)	F 1,0 ≤ 1%	F 2,0 ≤ 2%	F 3,0 ≤ 3%	UNE-CEN/TS 15149-2
Aditivos	Especificar tipo y cantidad			
Poder calorífico (Q)	16,5 (MJ/kg) ó 4,6 (MJ/kg)			UNE-CEN/TS 14918 ó UNE-CEN/TS 15234
Densidad aparente (BD)	≥ 625 kg/m ³ suelto		≥ 600	UNE-CEN/TS 15103

* Las abreviaturas de las propiedades de acuerdo con la versión en inglés.

Propiedades de la norma UNE EN 14961-2:2012.

Fuente: IDAE.

Propiedad	A	B	C	Análisis
Nitrógeno (%base seca)	≤ 0,3%	≤ 0,3%	≤ 0,5%	UNE-CEN/TS 15289
Azufre	≤ 0,02%	≤ 0,04%	≤ 0,05%	UNE-CEN/TS 15289
Cloro	≤ 0,02%	≤ 0,05%	≤ 0,05%	UNE-CEN/TS 15103
Fusión cenizas (°C)	AM 1 300	AM 1 300	AM 1 150	UNE-CEN/TS 15370-1

Propiedades de la norma UNE EN 14961-2:2012.

Fuente: IDAE.

En general, un buen pellet de madera presenta menos de un 10% de humedad y una durabilidad mecánica mayor del 97,5%. El contenido de finos no pasa del 1% ó 2%, mientras que las cenizas y el azufre se sitúan en torno al 0,7% y 0,05%, respectivamente. Los aditivos no deben representar más de un 2% en peso en base seca, y como compactadores sólo son válidos productos de la bio-

masa agrícola y forestal que no han sido tratados químicamente. En todo caso, el tipo y cantidad de aditivos tienen que ser especificados por el fabricante.

Considerando un poder calorífico cercano a 4.300 kcal/kg (unos 18 MJ/kg), puede establecerse que de 2 a 2,2 kg de pellets equivalen energéticamente a un 1 litro de gasóleo.

Una de las características a considerar de los pellets es su posible degradación para ciertos porcentajes de humedad, por lo que siempre deben estar almacenados en recintos impermeabilizados.

Es imprescindible exigir una durabilidad mecánica mínima para evitar la desintegración de los pellets en polvo, el cual posee unas propiedades de combustión diferentes y genera problemas en los procesos de transporte, descarga, almacenamiento y combustión.

La degradación del pellet puede dar lugar a finos, que implican una mayor emisión de polvo en los almacenamientos, daños en las calderas, menor eficiencia, más cenizas volantes, y mayores emisiones de aerosoles. Para reducir la presencia de finos conviene evitar las causas que los generan:

- ▶ El bombeo de los pellets a larga distancia y a una diferencia de alturas grande, por ejemplo, si se almacenan los pellets en un desván.
- ▶ Daños en las tuberías y conexiones (tornillos, soldaduras con bordes afilados, etc.).
- ▶ Silos de almacenamiento mal dimensionados (placas deflectoras demasiado cercanas al final de la tubería, placas deflectoras inadecuadas, pendientes no suficientemente inclinadas, etc.).
- ▶ Conexiones no estandarizadas de tuberías.

Una forma práctica de conocer si el pellet tiene la compresión y densidad adecuadas, y descartar productos de bajas calidades, consiste en realizar dos comprobaciones simples:

- ▶ Situar en la mano una cantidad pequeña de pellet y cerrar la mano sin aplastarlos. Agitarlos, y al abrir la mano los pellets deben permanecer con la misma forma que estaban al principio, y la producción de finos debe haber sido escasa o nula.
- ▶ Introducir el pellet en un vaso de agua, y verificar que se quede sobresaliendo ligeramente del agua (densidad próxima a 1 kg/dm³) o que se hunde despacio (densidad > 1 kg/dm³). Si permanece flotando similar a un corcho, entonces su densidad y energía serán menores.

No obstante, para determinar si la densidad es adecuada a las exigencias, existe una Norma Experimental UNE-CEN/TS 15150 EX "Biocombustibles sólidos. Métodos para la determinación de la densidad de partículas", y para pellets y briquetas de combustibles sólidos recuperados se encuentra la CEN/TS 15405 "Combustibles sólidos recuperados. Métodos para la determinación de la densidad de pellets y briquetas".

4.3.2.- BRIQUETAS

Las briquetas son cilindros de biomasa densificada de tamaño superior al del pellet, provenientes normalmente de serrines y virutas de aserraderos. Las principales propiedades de las briquetas son una humedad menor del 10%, un poder calorífico inferior superior a los 16,9 MJ/kg (4,7 kWh/

kg) y una densidad en torno a los 1.000 kg/m³. El contenido en cenizas no llega al 0,7%. Además, su composición está regulada por la norma UNE EN 14961:3-2012.

A continuación, se presentan en una tabla las especificaciones de las propiedades de este tipo de biocombustible.

Origen		Biomasa de madera	
		Biomasa herbácea	
Normativo		Conjuntos y mezclas	
		Briquetas	
Forma de comercialización			
Dimensiones (mm)			
		Diámetro (D) o equivalente (diagonal o corte transversal)	
	D40	$25 \leq D \leq 40$	
	D50	≤ 50	
	D60	≤ 60	
	D80	≤ 80	
	D100	≤ 100	
	D125	≤ 125	
	D125+	< 125	
		Longitud	
	L50	≤ 50	
	L100	≤ 100	
	L200	≤ 200	
	L300	≤ 300	
	L400	≤ 400	
	L400+	≥ 400	
		Humedad (% en peso según se recibe)	
	M10	$\leq 10\%$	
	M15	$\leq 15\%$	
	M20	$\leq 20\%$	
		Cenizas (% en peso en base seca)	
	A0.7	$< 0,7\%$	
	A1.5	$< 1,5\%$	
	A3.0	$< 3,0\%$	
	A6.0	$< 6,0\%$	
	A10.0	$< 10,0\%$	
		Azufre (% en peso en base seca)	
	S0.05	$< 0,05\%$	El azufre sólo es obligatorio para la biomasa tratada químicamente o si se ha usado azufre que tuviera aditivos
	S0.08	$< 0,08\%$	
	S0.10	$< 0,10\%$	
	S0.20	$< 0,20\%$	

Especificaciones de las propiedades de las briquetas.

Fuente: IDAE.

Normativo	S0.20+	> 0,20%	
	Densidad de partículas (kg/m³)		
	DE0.8	800-990	
	DE1.0	1.000-1.9000	
	DE1.1	1.100-1.190	
	DE1.2	> 1.200	
	Aditivos	El tipo y contenido de coadyuvante del prensado, inhibidores de fusión de las cenizas y otros aditivos tienen que señalarse	
	Nitrógeno (% peso en base seca)		
	N0.3	< 0,3%	El nitrógeno es obligatorio sólo para biomasa tratada químicamente
	N0.5	< 0,5%	
N1.0	< 1%		
N3.0	< 3,0%		
N3.0+	> 3,0%		
Informativo	Poder calorífico inferior (MJ/kg) o densidad de energía (kWh/m ³ suelto)	Se recomienda señalarlo en venta al por menor	
	Densidad aparente como recibida (kg/m ³ suelto)	Se recomienda señalarlo en la venta en base al volumen	
	Cloro (% en peso en base seca)	Categorías recomendadas: Cl0.03, Cl0.07, Cl0.10 y Cl0.10+	

Especificaciones de las propiedades de las briquetas.

Fuente: IDAE.

4.3.3.- ASTILLAS.

Son trozos pequeños de entre 5 y 100 mm de longitud, cuya calidad depende fundamentalmente de la materia prima de la que proceden, su recogida y la tecnología de astillado utilizada para su producción.

En función de su procedencia y calidad, pueden distinguirse dos tipos principales de astillas:

- ▶ Astillas de clase 1: provenientes de la industria de primera y segunda transformación de la madera, o maderas forestales muy limpias. Suelen tener humedades menores al 30%, aunque pueden alcanzar el 45%. Son apropiadas para su uso en instalaciones domésticas y válidas para todo tipo de instalaciones.
- ▶ Astillas de clase 2: procedentes de tratamientos silvícolas, agrícolas y forestales (podas, claros, entresacas, cultivos energéticos leñosos, etc.). Poseen hasta un 45% de humedad. Utilizadas en instalaciones de media a muy alta potencia, como grandes edificios y redes de calefacción.

El control de calidad de las astillas de madera y de los residuos agroindustriales es muy importante, ya que sus características son poco homogéneas, principalmente en lo que se refiere al poder

calorífico y humedad. Las astillas muy húmedas (> 40%), los trozos de madera grandes en las astillas, así como algunos tipos de residuos agrícolas, son poco recomendables en la mayoría de las calderas para edificios y viviendas. Las características físico-químicas de las astillas están reguladas por la norma UNE-EN 14961-4:2012.

Características de astillas de madera

Origen	Troncos de madera
Contenido de humedad	≤ 20-30%
Dimensiones de la fracción principal (> 80% en peso)	Dimensión mayor ≤ 63 mm
Densidad energética	< 900 kWh/m ³ apilados

Recomendación de astillas de madera para uso doméstico en calderas.

Fuente: IDAE.

A continuación, se presentan en una tabla las especificaciones de las propiedades de este tipo de biocombustible.

Origen		Biomasa de madera		
Normativo	Forma de comercialización	Astillas de madera		
	Dimensiones (mm)*	Fracción principal > 80% del peso	Fracción fina < 5%	Fracción gruesa, máx. longitud de partícula
	P16	3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm	< 1mm	Máx. 1% > 45 mm, todas < 85 mm
	P45	3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm	< 1mm	Máx. 1% > 63 mm
	P63	3,15 mm ≤ P ≤ 63 mm	< 1mm	Máx. 1% > 100 mm
	P100	3,15 mm ≤ P ≤ 100 mm	< 1mm	Máx. 1% > 200 mm
	Humedad (% en peso según se recibe)			
	M20	≤ 20%	Secadas	
	M30	≤ 30%	Adecuada en el almacenamiento	
	M40	≤ 40%	Limitada en el almacenamiento **	
	M55	≤ 55%		
	M65	≤ 65%		
	Cenizas (% en peso en base seca)			
	A0.7		< 0,7%	
	A1.5		< 1,5%	
	A3.0		< 3,0%	
	A6.0		< 6,0%	
	A10.0		< 10%	

* Los valores numéricos de la dimensión se refieren al tamaño de las partículas que pasan a través del tamiz del agujero redondo del tamaño mencionado (3,15 mm, 16 mm, 45 mm, 63 mm y 300 mm). Las dimensiones reales pueden diferir de esos valores, especialmente la longitud de la partícula.

** A partir del 40% de humedad existe riesgo de reacción química y degradación de las astillas.

Especificaciones de las propiedades de las astillas de madera.

Fuente: IDAE.

Normativo		Nitrógeno (% en peso en base seca)	
	N0.5	< 0,5%	El nitrógeno es obligatorio sólo para biomasa tratada químicamente
	N1.0	< 1%	
	N3.0	< 3,0%	
	N3.0+	> 3,0%	
Informativo	Poder calorífico inferior (MJ/kg) o densidad de energía (kWh/m ³ suelto)	Se recomienda que se estipule a nivel de venta	
	Densidad aparente como recibida (kg/m ³ suelto)	Se recomienda que se estipule en categorías (BD200, BD300, BD450) si se comercia en volumen	
	Cloro (% en peso en base seca)	Categorías recomendadas: Cl0.03, Cl0.07, Cl0.10 y Cl0.10+	

* Los valores numéricos de la dimensión se refieren al tamaño de las partículas que pasan a través del tamiz del agujero redondo del tamaño mencionado (3,15 mm, 16 mm, 45 mm, 63 mm y 300 mm). Las dimensiones reales pueden diferir de esos valores, especialmente la longitud de la partícula.

** A partir del 40% de humedad existe riesgo de reacción química y degradación de las astillas.

Especificaciones de las propiedades de las astillas de madera.

Fuente: IDAE.

4.3.4.- LEÑA

La leña proviene de trocear troncos que no van a ser utilizados para madera, y pueden producirse localmente por los propios usuarios. La energía que genera va a depender del tipo de madera y de la humedad que contenga. Esta biomasa es muy económica.

Leña	
Origen	Troncos de madera
Contenido de humedad	≤ 20%
Dimensiones	Desde piezas < 20 cm de longitud y diámetros < 2 cm, hasta piezas con longitud > 1 m y diámetros > 35 cm. La mayoría de las clases se sitúan entre estos valores con longitudes entre 20 cm y 1 m y diámetros de 2-35 cm.
Madera	Especificar si es de coníferas o frondosas.
Clasificación	No se ven significantes cantidades de moho o descomposición; la superficie de corte son lisas y regulares.
Densidad energética	Para maderas de frondosas valores menores de 1.700 kWh/m ³ apilados y para coníferas, o mezclas de ambas, valores menores de 1.300 kWh/m ³ apilados.

Recomendación de la leña para uso doméstico.

Fuente: IDAE.

4.3.5.- BIOCOMBUSTIBLES PROCEDENTES DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

4.3.5.1.- Biocombustibles de industrias aceituneras.

Hueso de aceituna.

La aceituna está compuesta por un 85% de pulpa y un 15% de hueso. Debe diferenciarse entre el hueso generado en las industrias de aderezo de aceituna de mesa (hueso entero), y el de los procesos de obtención de aceite de oliva y orujo (hueso triturado).

Las industrias de aderezo deshuesan aproximadamente el 80% de la aceituna que procesan, y el hueso que se genera se utiliza en calderas de biomasa para la obtención de energía térmica.

Respecto a la aceituna destinada a la obtención de aceite de oliva, el 70% del orujo se deshuesa tras la molturación, mediante un proceso de separación pulpa-hueso, bien en la almazara o en la extractora. En este caso, se obtiene el hueso triturado.

El hueso es un combustible de unas características excelentes para su uso térmico, tanto en el sector industrial como en el residencial: elevada densidad, humedad media del 15%, granulometría muy uniforme y poder calorífico de 4.500 kcal/kg en base seca.

Tradicionalmente, se ha utilizado en calderas de industrias del olivar, tanto en almazaras como en extractoras, así como en otros sectores como el cerámico, granjas, etc. En la actualidad, cada vez están cobrando más importancia los usos en el sector doméstico y residencial para suministro de agua caliente sanitaria y calefacción. La tecnología ha experimentado un gran avance, importándose equipos con muy alto rendimiento y bajos niveles de emisión.

Para facilitar el acopio de este combustible se está comercializando el hueso en sacos de 15 kg, de fácil distribución y manejo, óptimo para su uso en el sector doméstico, y con un precio considerablemente menor al de otros combustibles de similares prestaciones, como el pellet de madera.

Orujo.

El proceso de obtención del aceite de oliva en las almazaras, principalmente por centrifugación, y en un reducido número por prensado, genera como subproducto el orujo. Por cada tonelada de aceituna procesada se obtienen aproximadamente 0,27 t de aceite de oliva y 0,73 t de orujo (con una humedad aproximada del 60%-65%).

El orujo generado en las almazaras se almacena en balsas para su procesado posterior, que puede tratarse de un proceso físico de segunda centrifugación, también llamado repaso, y/o un proceso químico en las extractoras, obteniéndose aceite de orujo.

Una opción alternativa a la extracción de aceite es destinar el orujo repasado a la producción de energía eléctrica, previo secado hasta una humedad aproximada del 40%, para facilitar así la combustión del mismo.

Orujillo.

El orujo, una vez secado y sometido al proceso de extracción de aceite de orujo, se transforma en orujillo. Éste es un subproducto con una humedad en torno al 10%, y unas buenas propiedades

como combustible, con un poder calorífico en torno a 4.200 kcal/kg en base seca, y que puede utilizarse tanto para generación de energía térmica en industrias como para generación de energía eléctrica.

Una parte del orujillo generado en las extractoras se autoconsume en la propia instalación, tanto en el secado del orujo como en calderas para generación de vapor para el proceso. En algunos casos, y de forma cada vez más frecuente, el secado en las extractoras se realiza mediante cogeneración con gas natural, lo que supone para las extractoras una fuente de ingresos adicional por venta de la energía eléctrica producida del orujillo. La cogeneración implica un menor autoconsumo de orujillo en la extractora, lo que hace que quede disponible para otros usos.

La utilización de orujillo como combustible supone grandes ventajas medioambientales, ya que se consigue eliminar de manera controlada y disminuye el excedente del mismo. La valorización energética del orujillo revaloriza este producto y crea riqueza en el medio rural, reduciendo además la dependencia energética de otros combustibles fósiles.

A esto se une una ventaja medioambiental más, ya que la ausencia de azufre y otros compuestos en el orujillo, hacen que el único componente contaminante que se encuentra en la corriente de gases de la caldera de una planta de estas características sean las partículas sólidas en suspensión. Para evitar su emisión a la atmósfera, la planta dispone de una serie de equipos que llegarán a un rendimiento del 99,5% en la retención de estas partículas, lo que supone que se cumplan con un amplio margen las legislaciones autonómicas y nacionales más exigentes en materia medioambiental.

Alperujo.

Es un subproducto semisólido procedente de las almazaras durante la extracción de aceite de oliva. Es la mezcla de aguas de vegetación o alpechines; partes sólidas de la aceituna como el hueso, el mesocarpio y la piel; y restos grasos.

Cuando la almazara es de dos fases, por un lado se obtiene aceite y por otro una pasta denominada alperujo, que contiene una mezcla de orujo y alpechín.

Las orujeras se han adaptado a la recepción de este nuevo subproducto y aprovechan su aceite restante, bien a través de una nueva centrifugación o mediante su extracción química con disolventes. Este aceite extraído, según la legislación europea, será aceite de orujo de oliva.

Tras la extracción del aceite aprovechable, el remanente de alperujo desgrasado es aún aprovechable usando técnicas de cogeneración energética o el compostaje para su uso como abono orgánico.

En la actualidad, hay plantas energéticas en el mundo que utilizan el alperujo para generar energía eléctrica, por ejemplo en Baena (Córdoba) y otra en Cabra (Córdoba).

Alpechín.

El alpechín es un líquido negruzco y fétido que se obtiene al presionar o centrifugar la pasta de aceituna molturada previamente en las almazaras con sistema de tres fases. Se compone de agua (3,2%), materia orgánica (15%) y minerales (1,8%).

Es un producto muy contaminante que antiguamente se vertía a los cauces de los ríos o al alcantarillado, pero que en la actualidad debe ser depurado o tratado para obtener energía o agua para regadío u otros usos. Los diferentes destinos que puede tener el alpechín en la actualidad son los siguientes:

- ▶ Depurarse en plantas depuradoras, sin obtenerse beneficio alguno del proceso.
- ▶ Utilizarse como fuente de energía (en la actualidad se admite en plantas como la que hay en Baena (Córdoba)).
- ▶ Utilizarse como fertilizante (uso muy poco extendido).
- ▶ Utilizarse como agua para regar plantas que no sean atacadas por esta sustancia.
- ▶ Utilizarse para biocombustibles.
- ▶ Una vez fermentado y tratado, se pueden hacer bioplásticos con él.

4.3.5.2.- Biocombustibles de industrias procesadoras de frutos secos

Cáscaras de frutos secos.

La cáscara de almendras y piñones son residuos agroindustriales que se pueden utilizar como combustible.

A continuación, se muestra una tabla con sus características más relevantes desde el punto de vista de su uso como combustible biomásico.

Cáscara de almendra y piñón			
Humedad (%)		12	
Densidad aparente (kg/m ³)		470	
PCI b.s. (kJ/kg)	PCI b.s. (kWh/kg)	15.900	4,4

Características de la cáscara de almendra y piñón.

Fuente: IDAE.

4.3.6.- BIOGÁS

Es un gas que se obtiene por descomposición microbológica de materia orgánica en ausencia de oxígeno. Se genera principalmente en vertederos controlados y en depósitos cerrados, denominados digestores anaerobios, en los que se mantienen determinadas condiciones de operación destinadas a optimizar la producción.

Su composición depende del sustrato digerido, siendo los componentes mayoritarios el metano y dióxido de carbono, pudiendo aparecer en muy pequeñas proporciones ácido sulfhídrico, hidrógeno y otros gases. En función del sustrato y el tipo de tecnología utilizada, su contenido en metano puede variar entre 50-70%.

Los principales tipos de biomasa, a partir de los cuales se puede obtener este combustible, son las deyecciones ganaderas y otros residuos agroindustriales, la fracción orgánica de los residuos

domésticos y similares, los lodos de estación depuradora de aguas residuales urbanas (EDAR), y los cultivos energéticos.

El aprovechamiento del biogás se produce, de forma mayoritaria, a través de motores de combustión interna, generándose electricidad y calor. La inyección a la red del biogás depurado hasta obtener una calidad similar a la del gas natural (biometano) es, entre las nuevas aplicaciones existentes, la que mayor eficiencia y potencial presenta, existiendo ya experiencias a escala industrial en países como Alemania, Suecia o Dinamarca. El uso de pilas de combustible precisa un mayor desarrollo para poder considerarse una opción económicamente competitiva, y también reviste interés la posibilidad de emplear el biogás purificado como combustible de respaldo en centrales solares termoeléctricas.

La digestión anaerobia de residuos contribuye a diversificar las fuentes energéticas y a reducir la dependencia energética exterior. Además, contribuye al desarrollo del medio rural y, de forma significativa, a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

4.3.7.- BIOCARBURANTES

A pesar del reciente crecimiento que se está dando en su uso a nivel mundial (la Agencia Internacional de la Energía estima que los biocarburantes cubrieron en 2010 el 2,08% de la oferta mundial de petróleo), la utilización de los biocarburantes como combustible para el transporte es ya antiguo. Es curioso saber que el motor que Rudolf Diésel diseñó hace más de un siglo estaba pensado para que el aceite de cacahuete fuese el combustible a usar. De hecho, con este aceite realizó las pruebas en su prototipo, aunque debido a la proliferación de los combustibles a base de petróleo quedó rápidamente relegada la idea. En un discurso de 1912 llegó a decir lo siguiente (Kothe, 2005): *"(...) el uso de aceites vegetales como combustible de los motores puede parecer insignificante hoy, pero tales aceites pueden convertirse, con el paso del tiempo, en importantes sustitutos del petróleo y el carbón de nuestros días (...)".* Un destino parecido tuvo el primer automóvil que diseñó Henry Ford, que tenía previsto usar etanol como combustible.

Los biocarburantes, según la Orden ITC/2877/2008, pueden definirse como aquellos combustibles líquidos o gaseosos para transporte producidos a partir de la biomasa. Los distintos tipos de biocarburantes existentes son Bioetanol, Biodiésel, Biometanol, Biodimetiléter, Bio-ETBE (etil terbutiléter), Bio-MTBE (metil terbutiléter), Biocarburantes sintéticos, Bio-hidrógeno, Hidrobiodiésel, Aceites vegetales puros, Bioqueroseno y otros (como el hidrobiodiésel (HVO), la biogasolina, el bioLPG y los carburantes de biorefinería).

Atendiendo a lo establecido en el PER 2011-2020, se considerarán en este estudio sólo el bioetanol y el biodiésel, ya que son los únicos biocarburantes susceptibles de tener un desarrollo comercial en España durante el periodo que abarca dicho Plan. El propio PER 2011-2020 establece que el Bioetanol y el biodiésel constituyen los principales mercados de biocarburantes tanto a escala global como nacional. Es importante mencionar que, no obstante, algunos de los biocarburantes que aún no han tenido todavía un papel relevante en el mercado de los biocarburantes, empiecen a desarrollarse comercialmente en un futuro próximo.

En el propio PER 2011-2020 se advierte que a pesar de las aparentemente positivas cifras de capacidad de producción, el sector ha atravesado durante los últimos años una delicada situación. El PER 2011-2020 reconoce que las causas desencadenantes de dichos problemas van más allá del contexto marcado por la crisis económica internacional, incluyendo aspectos específicos como la competencia desleal del biodiésel importado de EE.UU. (parcialmente resuelto por los Reglamen-

tos de la Comisión Europea 193 y 194 de 2009, extendidos y ampliados mediante los Reglamentos 443 y 444 de 2011) o el desarrollo de prácticas comerciales que distorsionan el mercado, en particular las Tasas Diferenciales a la Exportación aplicadas por países como Argentina e Indonesia. El resultado de esta situación ha sido un volumen de producción muy por debajo de la capacidad instalada y una alta penetración de las importaciones en el mercado del biodiésel. Como consecuencia, actualmente se encuentran paradas muchas plantas productoras de biodiésel y el resto funciona muy por debajo de su capacidad productiva, una situación económicamente insostenible que ya está teniendo consecuencias.

Por último, una de las cuestiones claves en materia de biocarburantes, es precisamente lo sostenible que puede resultar su uso frente a los combustibles derivados del petróleo. Para ello, la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece la obligación, para todos los Estados miembros, de garantizar que los agentes económicos presenten información fiable referente a los criterios de sostenibilidad de los biocarburantes y biolíquidos. En España, estos compromisos se ponen en marcha a través del Real Decreto 1597/2011, de 4 de noviembre, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad de los biocarburantes y biolíquidos, el Sistema Nacional de Verificación de la Sostenibilidad y el doble valor de algunos biocarburantes a efectos de su cómputo. En este sentido, un interesante proyecto, desarrollado por el CIEMAT en colaboración con el IDAE, pretende armonizar los cálculos de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y facilitar así el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad para los biocarburantes introducidos por la normativa europea. Dicho proyecto consiste en una herramienta informática para calcular los balances de gases de efecto invernadero en los procesos de producción de biocarburantes. Puede accederse a la misma desde la web del IDAE: <http://www.idae.es/index.php/relcategoria.1037/id.686/relmenu.322/mod.pags/mem.detalle>

4.3.7.1.- Biodiésel.

El biodiésel está compuesto por ésteres metílicos o etílicos producidos a partir de grasas de origen vegetal o animal. A través de la reacción de esterificación, los aceites y grasas se convierten en moléculas lineales parecidas a las de los hidrocarburos presentes en el diésel. Su principal uso es como combustible en motores diésel mezclado con gasóleo convencional o al 100%.

La materia prima de la que se obtiene el biodiésel es el aceite y grasa vegetal y/o aceite de fritura usado, y es asimilable al gasóleo de automoción de origen fósil. Los aceites vegetales que se utilizan con más frecuencia son los de soja, colza, palma y girasol. A continuación se presenta una tabla con los rendimientos de algunos de los cultivos energéticos de los que se extrae el biodiésel.

Cultivos energéticos oleaginosos	Producción de semilla (t/ha)	Contenido en materia grasa (% en peso)	Rendimiento medio del biodiésel (t/ha)
Colza	1,5-2,1	41-50	0,9
Girasol	2,0-3,2	40-51	0,5-1,2
Soja	2,9-3,6	18-21	0,6
Brassica Carinata	2,9-3,5	30-39	1

Rendimiento de los principales cultivos oleaginosos.

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía, 2011.

4.3.7.2.- Bioetanol.

El bioetanol es alcohol etílico producido a partir de productos agrícolas o de origen vegetal, ya se utilice como tal o previa modificación o transformación química.

Las materias primas más importantes para la obtención del bioetanol son la caña de azúcar, la remolacha azucarera, los cereales y la melaza. A continuación se expone el rendimiento alcohólico de varios cultivos.

Materia prima	Rendimiento agrícola t/ha	Rendimiento etanol l/t	Rendimiento etanol m ³ /ha
Caña azúcar	70-75	85	6,00
Remolacha azucarera	40-60	92	4,50
Sorgo azucarero	90	80	7,20
Trigo seco	3	370	1,10
Maíz	10	400	4,00
Cebada seco	2-3	320	0,80
Paja de cereal	3-6	166	0,80

Rendimiento alcohólico de diferentes cultivos.

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía, 2011.

4.4.- DIAGNÓSTICO DE BIOCOMBUSTIBLES.

Tras haber analizado en detalle los diferentes tipos de biocombustibles, a continuación se van a recoger en una tabla las principales características de interés, de cada uno de ellos, para su valorización energética.

Tipos de combustibles	Biomasa de origen	Método de producción	Tamaño partícula	PCI		Humedad b.h. (%)	% de cenizas	Densidad (kg/m ³)
				(kJ/kg)	(kWh/kg)			
Pellets	Residuos forestales sin corteza. Residuos de cultivos agrícolas leñosos sin corteza. Residuos industriales de aprovechamientos forestales.	Compresión metálica (peletizado)	Diámetro < 25 mm Longitud < 7 mm	17.000 - 19.000	4,7 - 5,3	<15	<6	1.000 - 1.300
Briquetas	Residuos forestales sin corteza. Residuos de cultivos agrícolas leñosos sin corteza. Residuos industriales de aprovechamientos forestales.	Compresión metálica (briquetado)	Diámetro < 25 mm Longitud < 35-40 mm	17.000 - 19.000	4,7 - 5,3	<20	<0,7	1.000 - 1.300
Astillas	Residuos forestales Residuos de cultivos agrícolas leñosos. Residuos industriales de aprovechamientos forestales. Residuos vegetales de podas de parques y jardines.	Corte con herramientas afiladas (astillado), y en ocasiones secado	5 - 60 mm	10.000 - 16.000	2,8 - 4,4	<40	1 - 5	250 - 350

Tipos de combustibles	Biomasa de origen	Método de producción	Tamaño partícula	PCI		Humedad b.h. (%)	% de cenizas	Densidad (kg/m ³)
				(kJ/kg)	(kWh/kg)			
Leña	Residuos forestales. Residuos de cultivos agrícolas leñosos. Residuos vegetales de podas de parques y jardines.	Corte con herramientas afiladas	100	14.400	4,0 - 4,5	<20		1.300
			1.000 mm	16.200				1.700
Huesos de aceituna	Residuos agroindustriales (industria aceitunera)	Molienda	3 - 5 mm (hueso triturado)	18.000	5,0 - 5,3	7 - 12	<1,5	650
		Extracción en industrias de aderezo de aceitunas de mesa	12 - 15 mm (hueso entero)	19.000				700
Orujo de aceituna	Residuos agroindustriales (industria aceitunera)	Centrifugación o prensado de la aceituna y posterior secado						
Orujillo	Residuos agroindustriales (industria aceitunera)	Secado Orujo y posterior proceso de extracción de aceite de orujo		17.500	4,9	10 - 12	9 - 12	
Alperujo	Residuos agroindustriales (industria aceitunera)	Durante extracción aceite de oliva en almazaras con sistemas de dos fases						
Alpechín	Residuos agroindustriales (industria aceitunera)	Presionar o centrifugar pasta de aceituna molturada en almazaras con sistema de tres fases						
Cáscara de frutos secos (almendras, piñones)	Residuos agroindustriales (industrias procesadoras de frutos secos)	Secado		16.000	4,4	8 - 15		470
				19.000	5,3			
Gallinaza, purines, estiércol	Residuos ganaderos	Secado y digestión anaerobia		460 - 930	0,13 - 0,26	50 - 90		
Biogás	Residuos ganaderos. Residuos urbanos. Residuos agroindustriales. Lodos de EDAR. Cultivos energéticos.	Digestión anaerobia						
Lodos de EDAR	Lodos de EDAR	Secado		16.600	4,6	70 - 80		

Principales características de interés de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Una vez vistas dichas características, se recogen en una tabla las ventajas e inconvenientes de aquellos que tienen mayor interés para su aprovechamiento energético.

Tipos de Biocombustibles	Ventajas	Inconvenientes
<p>Pellets</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder calorífico. - Muy bajo contenido en cenizas, reduciendo las necesidades de operación y mantenimiento. - Es totalmente biodegradable. - Se comercializa a nivel internacional, con una composición constante. - Están estandarizados, por lo que presentan alta fiabilidad de operación y menor esfuerzo para la operación y mantenimiento del equipo de producción de biomasa. - Su coste es elevado por el tratamiento físico al que son sometidos (pelletización) respecto a otros biocombustibles, pero considerablemente más barato que el de los combustibles fósiles, existiendo una menor dependencia de los cambios continuos en los precios de otros combustibles. - No presenta riesgo de explosión, no es volátil ni produce olores. - Se trata de un combustible no tóxico e inocuo para la salud. - Para producir el mismo calor, la cantidad necesaria de pellets ocupa unas tres veces menos en volumen que la leña maciza y apenas produce humos. - Se puede automatizar totalmente, tanto en su transporte y llenado de depósito, como en la combustión y limpieza. - Su uso contribuye a reducir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero. - Su combustión es mucho más eficiente que la de leña, y por lo tanto las emisiones son mínimas. - No contiene azufre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesaria una mayor cantidad de este biocombustible, en comparación con los combustibles fósiles, para conseguir la misma cantidad de energía. - Alta demanda de pellets por países centroeuropeos, lo que puede dificultar su suministro o aumentar su coste. - Precisa de una zona de almacenamiento en lugar aislado y seco. - Los rendimientos de las calderas de pellets son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles, y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos.

Matriz dafo de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biocombustibles	Ventajas	Inconvenientes
Briquetas	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder calorífico. - Se puede utilizar en cualquier chimenea. - Coste de producción muy superior al de la leña, aunque el poder calorífico es también mayor. - Producen menos cenizas que la leña, facilitando la limpieza y mantenimiento de la caldera. - Grandes ventajas de almacenamiento, limpieza, transporte y facilidad de uso respecto a la leña. - Sus principales características son: renovable, económico, limpio y recurso local. - Posee una concentración de energía equivalente a cuatro veces el combustible de madera. - Se comercializan en elevado número de establecimientos: supermercados, gasolineras, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso poco frecuente y prácticamente exclusivo de calderas pequeñas y grado de automatización medio, ya que hay que introducir leña o briquetas varias veces al día. - Necesaria una mayor cantidad de este biocombustible, en comparación con los combustibles fósiles, para conseguir la misma cantidad de energía. - Precisa de una zona de almacenamiento en lugar seco. - Los rendimientos de las calderas de briquetas son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles, y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos. - Las grandes inversiones de capital necesarias en plantas de tratamiento y sus costes de funcionamiento sólo son interesantes económicamente si la distancia desde donde se obtiene la materia prima que hay que transportar no pasa de 250 km.
Astillas	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder calorífico. - Es totalmente biodegradable. - Coste de producción inferior al de los pellets, por su simple proceso de elaboración requerido. - Pueden producirse a nivel local y puede ser un combustible de alta calidad para calderas de cualquier tamaño. - Las astillas limpias de corteza y secas (clase 1) son normalmente de alta calidad. - Grado medio de estandarización a nivel europeo. - Contenido en cenizas <1% (clase 1) o <5% (clase 2). 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor densidad que los pellets y hueso de aceituna, requiriendo un espacio mayor para su almacenamiento. - Su transporte sólo se justifica hasta una distancia corta (< 50 km). - Composición variable. - Se precisa secar la materia prima de forma natural o artificial hasta una humedad <45%, o incluso <30% en el caso de las astillas de clase 1. - Necesaria una mayor cantidad de este biocombustible, en comparación con los combustibles fósiles, para conseguir la misma cantidad de energía. - Precisa de una zona de almacenamiento en lugar aislado y seco. - Los rendimientos de las calderas de astillas son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles, y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos.

Matriz dafo de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biocombustibles	Ventajas	Inconvenientes
<p>Leña</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder calorífico. - Es totalmente biodegradable. - Coste de producción inferior al de los pellets y briquetas. - No requiere de ningún procesado posterior a su recogida, sólo mantener en lugar seco. - Precio de venta menor al de otros combustibles. - Se produce a nivel local y puede ser un combustible de alta calidad para calderas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso poco frecuente y prácticamente exclusivo de calderas pequeñas y grado de automatización medio, ya que hay que introducir leña o briquetas varias veces al día. - Necesaria una mayor cantidad de este biocombustible, en comparación con los combustibles fósiles, para conseguir la misma cantidad de energía. - Precisa de una zona de almacenamiento en lugar aislado y seco. - Los rendimientos de las calderas de leña son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles, y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos. - Producen más cenizas que las briquetas, dificultando la limpieza y mantenimiento de la caldera.
<p>Hueso de aceituna</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder calorífico. - Es totalmente biodegradable. - Granulometría muy uniforme. - Tiene un buen manejo. - Bajas emisiones de partículas en su combustión y condiciones inodoras. - Precio de venta menor al de otros combustibles. - Se produce a nivel local y puede ser un combustible de alta calidad para calderas. - Puede utilizarse tanto para generación de energía térmica en industrias como para generación de energía eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesaria una mayor cantidad de este biocombustible, en comparación con los combustibles fósiles, para conseguir la misma cantidad de energía. - Precisa de una zona de almacenamiento en lugar aislado y seco. - Los rendimientos de las calderas de hueso de aceituna son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles, y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos.

Matriz dafo de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biocombustibles	Ventajas	Inconvenientes
Orujillo	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder calorífico. - Es totalmente biodegradable. - Coste de producción bajo. - Es un buen combustible por las propiedades que posee. - Precio de venta menor al de otros combustibles. - Se produce a nivel local y puede ser un combustible de alta calidad para calderas. - Puede utilizarse tanto para generación de energía térmica en industrias como para generación de energía eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesaria una mayor cantidad de este biocombustible, en comparación con los combustibles fósiles, para conseguir la misma cantidad de energía. - Precisa de una zona de almacenamiento. - Los rendimientos de las calderas de orujillo son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles, y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos. - Emisión de partículas que sobrepasan límites establecidos si no se aplican sistemas de captación adecuados, y la producción de benzopirenos.
Cáscara de frutos secos (almendra, piñón)	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder calorífico. - Es totalmente biodegradable. - Granulometría uniforme. - Tiene un buen manejo. - Precio de venta menor al de otros combustibles. - Se produce a nivel local y puede ser un combustible de alta calidad para calderas. - Puede utilizarse tanto para generación de energía térmica en industrias como para generación de energía eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesaria una mayor cantidad de este biocombustible, en comparación con los combustibles fósiles, para conseguir la misma cantidad de energía. - Precisa de una zona de almacenamiento en lugar aislado y seco. - Los rendimientos de las calderas de cáscara de frutos secos son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles, y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos.
Gallinaza, purines y estiércol	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción significativa de los malos olores. - Estabilización y mineralización de la materia orgánica facilitando su gestión posterior. - Posibilidad de aprovechar una energía renovable. - Se utiliza para producir biogás. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo poder calorífico. - Requieren de un proceso previo de secado, para reducir su humedad. - Es un residuo de difícil gestión como tal. - Tienen un elevado porcentaje de humedad.

Matriz dafo de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Biocombustibles	Ventajas	Inconvenientes
Biogás	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción significativa de los malos olores. - Estabilización y mineralización de la materia orgánica facilitando su gestión posterior. - Posibilidad de aprovechar una energía renovable. 	
Lodos de EDAR urbanas	<ul style="list-style-type: none"> - Alto poder calorífico. - Reducción significativa de los malos olores. - Se utiliza para producir biogás. - Estabilización y mineralización de la materia orgánica facilitando su gestión posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requieren de un proceso previo de secado, para reducir su humedad. - Es un residuo de difícil gestión como tal. - Tienen un elevado porcentaje de humedad.
Biodiésel y Bioetanol	<ul style="list-style-type: none"> - Liberación de la dependencia extrema de los combustibles fósiles para las aplicaciones mecánicas de la biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de control en la importación desde otros países. - Industria petrolera muy potente y poco implicada en su desarrollo. - Desconocimiento del consumidor. - Puntos de suministro escasos.

Matriz dafo de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

5.- TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOCMBUSTIBLES: CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

La transformación y aprovechamiento energético de los distintos tipos de biomasa pueden generar diferentes energías:

► **Energía térmica** (para agua y/o aire calientes, vapor): es la aplicación más extendida de la biomasa natural y residual. Se lleva a cabo a través de sistemas de combustión directa. Podría utilizarse para cocinar alimentos, producir agua caliente sanitaria y aire caliente (calefacción o secado). Además, es posible aprovechar el vapor que se desprende para producir electricidad o para procesos industriales.

► **Energía eléctrica**: se obtiene, sobre todo, a partir de la transformación de cultivos energéticos, residuos forestales y residuos de las industrias agroalimentarias y de aprovechamientos forestales. En determinados procesos, el biogás resultante de la fermentación de la biomasa también se puede utilizar para la producción de electricidad. La tecnología empleada para conseguir esta energía 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: es la generada por los biocombustibles, que pueden sustituir total o parcialmente a los combustibles fósiles, permitiendo alimentar motores de gasolina con bioalcoholes y motores diésel con bioaceites.

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 biomasa, existen varias tecnologías que posibilitan la obtención de biocarburantes.

La cogeneración consiste en la producción conjunta de energía térmica y eléctrica; para ello, se aprovecha el calor residual de los sistemas de producción de electricidad. Es interesante en instalaciones donde tanto el consumo térmico como el eléctrico es elevado.

Aproximadamente:

- 1 kilogramo de biomasa proporciona 3.500 kilocalorías.
- 1 litro de gasolina proporciona 10.000 kilocalorías.

Por último, se puede decir que se necesitan 3 kg de biomasa para obtener la misma cantidad de energía que nos proporciona un litro de gasolina (10.000 kcal), o lo que es lo mismo, cuando se desperdician 3 kg de biomasa se está desaprovechando el equivalente a un litro de gasolina.

A continuación, se van a tratar en detalle las diferentes tecnologías existentes para la transformación y aprovechamiento energético de la biomasa, al igual que los equipos que existen para ello.

5.1.- TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES.

A pesar de que la biomasa puede valorizarse energéticamente de forma directa (el recurso biomásico es utilizado directamente como biocombustible), los tipos más comunes de biocombustibles han sufrido alguna transformación.

En este apartado se van a exponer las tecnologías de transformación de biomasa en biocombustible más comunes. Por una parte, se relacionan aquellas que utilizan un método de producción mecánica, entre las que se engloban el astillado, el pelletizado, el briquetado, el empacado y el secado, y por otra, se incluye la producción de biocarburantes.

5.1.1.- PRODUCCIÓN MECÁNICA

La heterogeneidad en la naturaleza y formas de los diferentes tipos de biomasa objeto de estudio,

hace necesario una adecuación y estandarización del formato y características físicas de los mismos, para posteriormente poder ser valorizados energéticamente.

Las tecnologías que se utilizan para dicha transformación física de la biomasa se basan fundamentalmente en procesos de densificación/compactación (astillado y molienda) y de secado, con el objetivo de homogeneizar las propiedades físicas del material, incrementar la densidad calorífica y estandarizar el formato de la biomasa.

A continuación, se van a desarrollar las tecnologías más utilizadas para ello de forma independiente.

5.1.1.1.- Astillado.

El astillado de la biomasa se basa en la trituración de ésta para la obtención de fragmentos más pequeños y homogéneos. El producto final, la astilla, es el que se utiliza en la totalidad de procesos de transformación energética de biomasa de media y gran envergadura. Se caracteriza por tener una forma plana o cilíndrica, predominando la longitud (2-10 cm) y la amplitud (2-6 cm) sobre el grosor (<2 cm). La densidad aparente es baja (250-350 kg/m³) en relación a otros combustibles, como el carbón y los pellets de madera.



Astillas de almendra

Dicho proceso de transformación física se puede efectuar, tanto en el lugar de origen o procedencia de la biomasa (trituración in-situ), como fuera del entorno de origen o en la propia planta de conversión energética (trituración ex-situ).

Las astilladoras se pueden clasificar según el equipo, mecanismo de astillado, modo de alimentación del material a triturar, y salida de la astilla, tal y como puede observarse en la tabla siguiente.

Tipo de clasificación	Tipo de astilladora		
Instalación	Fijas	Montadas	Remolcadas
	Autopropulsadas o autónomas	Móviles	Acopladas
Mecanismo de astillado	Tambor	Disco	Cuchillas
Alimentación/ entrada de material	Manual		Mecánica
Salida de la astilla	Por gravedad		Por ventilación

Clasificación de las astilladoras.

Fuente: Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña. Autor: Sergio Martínez Lozano. Universidad de Girona. (2009)

5.1.1.2.- Pelletizado.

El pelletizado se basa en la compresión de la materia vegetal (astillas, serrines, etc.) mediante la acción de unos rodillos (de 1 a 5 rodillos) contra una matriz de agujeros de entre 0,5 a 2,5 cm de diámetro. Si el material de entrada presenta dimensiones mayores a astillas, se requiere de un proceso de astillado previo al prensado con los rodillos.



Rodillos para el mecanismo de pelletizado

Una vez formado el pellet es necesario un proceso de tamizado para la homogeneización del tamaño del producto final. Por tanto, la producción de los pellets se lleva a cabo en las siguientes etapas:

- ▶ **Secado:** el serrín húmedo se introduce en el secadero por medio de una banda porosa sinfín. El aire caliente se hace circular a través de esta banda y el serrín se va secando. Al final de la banda porosa hay un aspirador que absorbe el serrín con una humedad <10%, y deja pasar el que contenga una humedad superior. El serrín absorbido pasa a la siguiente fase y el húmedo sigue en circulación en la banda porosa, hasta que su humedad es <10%.
- ▶ **Granulado:** el serrín seco pasa al molino donde se homogeneiza el grano del serrín, consiguiendo así un tamaño de grano uniforme.
- ▶ **Compactado:** el serrín se introduce en una matriz perforada y, gracias a la acción de unos rodillos, es obligado a pasar por unos agujeros de 6 mm de diámetro. Debido a la presión ejercida por los rodillos y a la lignina contenida, se obtienen cilindros de serrín prensado (pellets). La temperatura del serrín triturado aumenta en la máquina pelletizadora y la lignina se derrite y aglutina el pellet cuando se enfría. De ahí que éste no presente dureza hasta una vez enfriado.
- ▶ **Enfriado:** después de la compresión, la temperatura de los pellets es alta (cercana a los 90°C). El enfriado estabiliza los pellets y endurece la lignina. A partir de ahí, éstos adquieren gran consistencia.
- ▶ **Tamizado:** el polvo de la materia prima es separado y devuelto al proceso de pelletizado.
- ▶ **Empaquetado:** si el pellet va a ser distribuido a granel, simplemente se almacena en un lugar adecuado.

Los pellets son pequeños cilindros de tamaño variable (2-7 cm de longitud y 1,5 cm de amplitud), con una humedad inferior al 12%. La densidad del pellet es relativamente elevada (1.000-1.300 kg/m³), en comparación con la de las astillas, siendo los factores que influyen en ello los siguientes:

- ▶ El tipo de materia prima prensada, a mayor densidad del material original, mayor es la densidad del pellet.

- La presión ejercida por la prensa, variable según la maquinaria utilizada.

El poder calorífico de los pellets es superior al de la leña, astillas y briquetas. Dependiendo de la densidad y humedad de la biomasa inicial, el producto contendrá un poder calorífico de entre 17.000-19.000 kJ/kg.

5.1.1.3.- Briquetado.

El briquetado consiste en la compresión de la materia vegetal (madera, cáscaras de arroz, paja, serrín, etc.) superior a 200 Mpa, hasta producir un aumento de la temperatura del material de 100-150 °C. A temperaturas elevadas la lignina se plastifica permitiendo la formación de unidades compactas.



Pellet empaquetado en bolsas para facilitar su distribución



Pellets de madera

Una briquetadora consiste en una tolva de alimentación, un sistema dosificador simple o múltiple de velocidad variable, una cámara de compactación o densificadora, un canal refrigerante y un sistema de corte. La prensa es el componente clave en la producción de briquetas. Existen cuatro tipos de briquetadoras, utilizadas en función de su aplicación industrial y del tipo de material a comprimir:

- Prensa de impacto.
- Prensa de extrusión.
- Prensa de briquetado hidráulica o neumática.
- Prensa de doble rodillo.



Briquetas de madera

La característica común de las briquetas es su elevada densidad (1.000-1.300 kg/m³). La forma es normalmente cilíndrica, con diámetros comprendidos entre 3 y 20 cm, y longitudes entre los 15 y 50 cm. Otra forma usual de briqueta es el prisma cuadrado o el prisma hexagonal vacío, y también se pueden obtener formas de ladrillo.

La humedad final de la briqueta depende de las características físico-químicas del material que se requiere prensar y de la forma final del producto, hallándose normalmente entre el 8-10% de humedad a la salida de la prensa.

5.1.1.4.- Empacado.

Se utiliza en la cosecha de algunos cultivos herbáceos (en su mayoría de cereales), con el objetivo de obtener paquetes comprimidos de materia. Los usos finales de estos paquetes, llamados pacas, son la alimentación ganadera (paja para forraje) o la producción de energía. Las pacas adquieren formas y volúmenes variables en función de la máquina utilizada. Los tipos de empacadoras comúnmente más utilizadas son las siguientes:

- ▶ Empacadora convencional: produce paquetes prismáticos de peso inferior a 40 kg. Se distinguen empacadoras de alta presión, media presión y baja presión.
- ▶ Rotoempacadoras: producen pacas cilíndricas de gran tamaño.
- ▶ Empacadoras rectangulares: producen pacas prismáticas de peso superior a 100 kg.

Las pacas producidas en la cosecha suelen ser agrupadas en el campo para facilitar su secado, recogida y carga al remolque de un camión.

El empacado, por tanto, se utiliza frecuentemente para residuos de cultivos agrícolas y residuos de industrias de aprovechamientos forestales.

5.1.1.5.- Secado.

El secado natural consiste en aprovechar las condiciones climatológicas naturales existentes para el deshidratado de los residuos. Este secado puede hacerse, bien directamente en la zona de producción del residuo, en monte para el caso de residuos forestales, o bien tras haberlos convertido en astillas.

Durante este proceso se dan una serie de procesos termogénicos debido a la acción de las células vivas de la madera, a la actividad biológica de microorganismos bacterias y hongos, y a fenómenos de oxidación química e hidrólisis ácida de los componentes de la celulosa.

Por este motivo, en las pilas realizadas para el secado natural se alcanzan temperaturas que dan lugar a fenómenos de autocombustión, que se ven favorecidos cuando los residuos poseen una gran cantidad de cortezas, o cuando sobre la superficie se forman costras de hielo o se acumulan materiales finos que obturan los huecos e impiden el intercambio de calor con la atmósfera.

Durante el almacenamiento de pilas de astillas de madera para favorecer el secado natural, se registra una pérdida de madera que suele estar comprendida entre el 0,5-1% por mes en climas fríos y templados, y el 0,75-3% por mes en climas cálidos y húmedos (Ortiz et al. , 2003).



Pacas de serrín

Es necesario aplicar un secado forzado cuando la humedad conseguida con el secado natural no es la deseada para procesar el material, o no se disponen de las condiciones adecuadas. Los equipos utilizados para este proceso se clasifican en secaderos directos (la transferencia de calor es por contacto directo) y secaderos indirectos (la transferencia de calor se realiza mediante una pared de retención), siendo los primeros más efectivos pero con costes más elevados que los segundos. Por tanto, el que se use una u otra forma de secado dependerá, principalmente: de la humedad que tenga la biomasa en cuestión, la humedad final que se requiera conseguir para su valorización energética de dicha biomasa, el tiempo que se disponga para ello, y la inversión inicial para equipos de secado que permitan que todo el proceso sea rentable.

Los equipos para el secado de biomasa pueden ser de tipo “trommel” o neumáticos. Estos últimos se basan en el arrastre de residuos mediante un flujo térmico durante un recorrido que extrae la humedad del material, y suelen utilizarse para biomasa de granulometría fina o que requieren una ligera deshidratación.

Los secaderos tipo “trommel” se basan en un cilindro que gira y facilita el contacto entre la biomasa y los gases secantes. Se utilizan para biomasa con granulometría gruesa o con humedad elevada.

Para que el proceso de secado forzado sea viable en aplicaciones energéticas directas, es necesario que se aumente el rendimiento de combustión, puesto que este proceso es caro. En la actualidad, se someten a secado artificial aquellos materiales de mayor valor añadido, como los destinados a elementos densificados (pellets y briquetas).

5.1.2.- PRODUCCIÓN DE BIOCARBURANTES

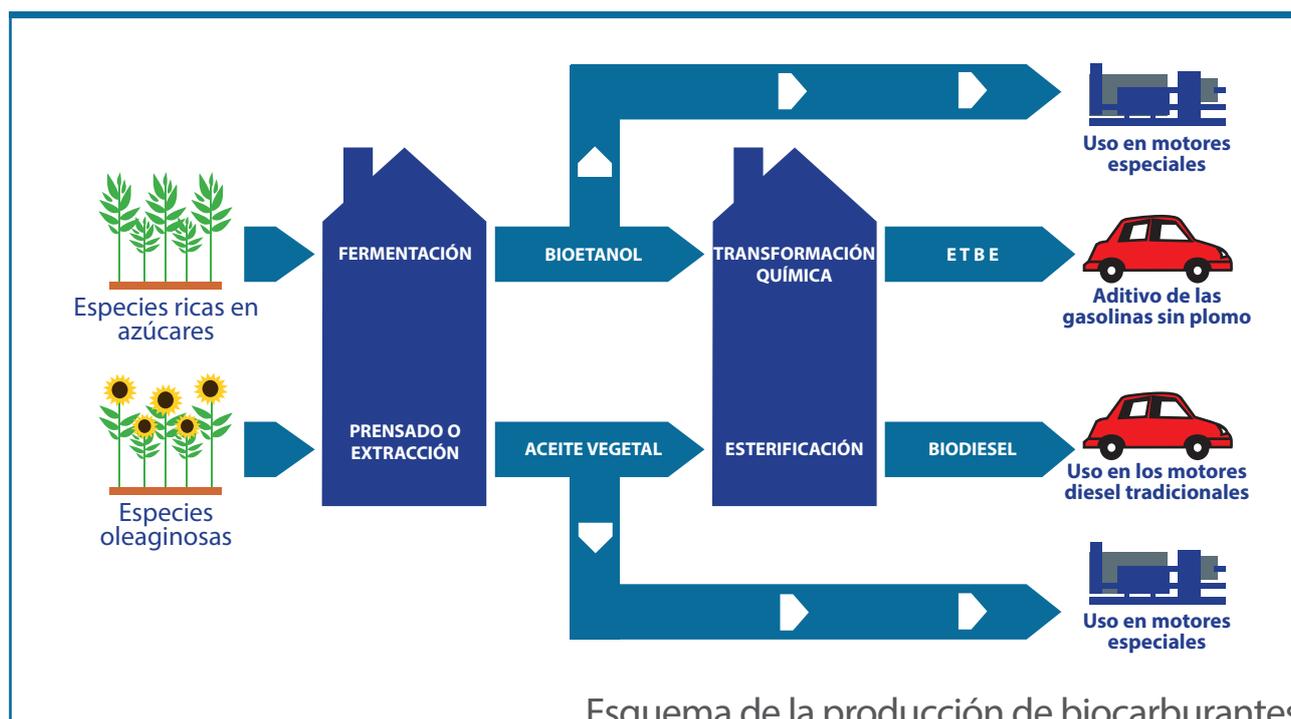
Se puede distinguir entre la producción de biocarburantes destinados a su utilización en vehículos con motor diésel y los destinados a su empleo en vehículos con motor de encendido provocado.

Los primeros se obtienen de cultivos o especies vegetales oleaginosas (girasol, colza, cacahuete, etc.) y sustituyen al diésel tradicional y los segundos de cultivos o especies vegetales ricas en azúcares (remolacha, caña de azúcar, maíz, trigo, etc.) y sustituyen a las gasolinas o a los aditivos de las gasolinas sin plomo.

Los aceites obtenidos de las especies oleaginosas se pueden emplear como aditivo en un motor diésel convencional o se pueden utilizar como único combustible en motores especiales, aunque debido a los inconvenientes técnicos que estas opciones plantean habitualmente se transforman químicamente mediante una reacción de esterificación del aceite con un alcohol (generalmente metanol) en un éster metílico que se denomina biodiésel.

Este biodiésel se puede emplear directamente o como aditivo en los motores convencionales.

Por otra parte, los alcoholes obtenidos de la fermentación de especies ricas en azúcares se pueden utilizar como aditivo en un motor de gasolina convencional o se pueden emplear como único combustible en motores especiales, pero como en el caso de biodiésel, lo más usual es que se usen una vez transformados químicamente mediante su combinación con un reactivo orgánico (isobuteno) en lo que se denomina habitualmente como ETBE (etil-ter-butil éter). Este compuesto se puede utilizar como aditivo de las gasolinas sin plomo sustituyendo al MTBE (metil-ter-butil éter) que normalmente se obtiene de un combustible fósil.



Fuente: Ciclo Energías Renovables. Jornadas Biomasa. Autores: Fernando Sebastián Nogués-Javier Royo Herrero. Fundación CIRCE (2002).

Desde el punto de vista industrial, los procesos de obtención de biocarburantes se hallan suficientemente desarrollados no existiendo, a nivel técnico, ningún tipo de barrera para su producción. La principal limitación existente para su elaboración es de origen económico ya que presentan un coste de obtención superior al de los derivados del petróleo. No obstante, la producción de biocarburantes puede ser competitiva frente a la de los combustibles fósiles a los que sustituyen con el mantenimiento de exenciones fiscales especiales o en el caso de su fabricación para autoconsumo en empresas o cooperativas agrarias con elevadas cantidades de maquinaria agrícola o

en empresas o instituciones con flotas de transporte cautivas (transportes urbanos, recogida de basuras, taxis, etc.).

5.2.- TECNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOCOMBUSTIBLES

Cuando se desea generar energía a partir de biomasa se pueden optar por diferentes sistemas tecnológicos. La elección de uno u otro depende de las características de los recursos, de la cuantía disponible y del tipo de demanda energética requerida.

A continuación, se van a desarrollar los sistemas tecnológicos con mayor viabilidad de uso en la actualidad a nivel local, agrupados en función de los procesos de obtención de la energía contenida en los biocombustibles analizados.

5.2.1.- PROCESOS TERMOQUÍMICOS

De acuerdo a la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (Sendín, 2009), los procesos termoquímicos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa, estando bien adaptados al caso de la biomasa seca y, en particular, a los de la paja y la madera, pudiendo clasificarse en:

a) **Combustión:** consiste en la oxidación de la biomasa con exceso de aire, libera simplemente agua y dióxido de carbono, y puede servir para la calefacción doméstica y la producción de calor industrial.

b) **Gasificación:** es una de las tecnologías más avanzadas, y consiste en la utilización del gas combustible generado en una turbina de gas, donde se recupera el calor de los gases de salida para producir vapor y mover una turbina. El rendimiento de esta tecnología puede duplicar al de la combustión directa.

c) **Pirólisis:** es un proceso de combustión incompleta de la biomasa en ausencia de oxígeno a unos 500 °C. Se utiliza desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal. La pirólisis lleva a la liberación de un gas pobre, mezcla de monóxido y dióxido de carbono, de hidrógeno y de hidrocarburos ligeros. Este gas, de débil poder calórico, puede servir para accionar motores diésel, producir electricidad o mover vehículos.

Una variante de la pirólisis, llamada pirólisis flash, llevada a 1.000 °C en menos de un segundo, tiene la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa. De todas formas, la gasificación total puede obtenerse mediante una oxidación parcial de los productos no gaseosos de la pirólisis. Las instalaciones en las que se realiza la pirólisis y la gasificación de la biomasa reciben el nombre de gasógenos.

De estos tres tipos de procesos, los dos primeros serían los más factibles de usarse a nivel local.

5.2.1.1.- Sistemas tecnológicos basados en la combustión.

Con los equipos que en la actualidad existen en el mercado, se pueden conseguir rendimientos de combustión muy elevados, pudiendo alcanzar hasta el 95% si se acoplan equipos de recuperación de calor.

Los avances tecnológicos conseguidos, tanto en los sistemas de alimentación de la biomasa, como en los de combustión, hacen que, en estos momentos, si se dispone de biomasa y es necesario cu-

brir una demanda térmica, los equipos de combustión de biomasa sean tan eficientes, cómodos y competitivos como los basados en combustibles fósiles.

En general, una planta de combustión de biomasa consta de los siguientes elementos:

- Almacenamiento de combustible.
- Transporte y dosificación del combustible al equipo de combustión.
- Equipos y cámara de combustión.
- Caldera (de vapor, agua caliente, aceite térmico).
- Recuperadores auxiliares de calor.
- Depuración de gases.
- Extracción de cenizas.



Zona de almacenamiento de combustible y caldera

Existen diferentes tecnologías para llevar a cabo la combustión de la biomasa, como son la caldera de parrilla, cámara torsional, combustión en lecho fluido, etc.

En función de las características de la biomasa y de la demanda (energía a baja o a alta temperatura, y cantidad de la misma a suministrar), es más idóneo una u otra, pero en todos los casos, los avances tecnológicos antes mencionados, proporcionan tanta seguridad y confort como los sistemas basados en combustibles fósiles.

Las principales aplicaciones de la combustión de la biomasa son las siguientes:

- **Aprovechamiento térmico:** el gas resultante de la combustión circula a través de un intercambiador de calor, permitiendo la transferencia de energía calorífica del gas al agua circulante de la caldera. El resultado es la generación de agua caliente para usos de consumo humano y/o usos sanitarios, y/o calefacción.
- **Generación de electricidad:** parte de la generación de vapor a elevada temperatura y presión a partir del contacto del gas de combustión con tubos de agua circulante. En la turbina, la expansión del vapor a través de las hélices genera energía mecánica, y el movimiento circular acciona un alternador que genera la corriente eléctrica.
- **Cogeneración:** se basa en la generación de energía térmica y eléctrica a partir de un mismo combustible. La energía térmica es obtenida a partir de un condensador del vapor exhausto de la turbina de vapor o del agua caliente generada en un intercambiador de calor.

Se emplea en aplicaciones industriales, como la industria de la pulpa y del papel, la del contrachapado y agroindustrias. El agua caliente producida también tiene usos para consumo sanitario o para calefacción residencial.

Según la aplicación deseada de la combustión y la magnitud en el aprovechamiento energético (potencia del sistema de generación de energía), se distinguen diversas escalas, por las que la tecnología diverge en configuración y magnitud. Para el análisis de la tecnología de combustión se han distinguido tres escalas, según la potencia instalada:

► **Pequeña escala (5-500 kW):** incluye calderas de hogares domésticos hasta las calderas para el suministro de agua caliente o calor a escala residencial y comunitaria.

► **Mediana escala (500 kW a 5 MW):** incluye calderas para el suministro residencial, de edificios y/o pequeños distritos, dependiendo de la potencia instalada. La energía producida es térmica y/o eléctrica, según el equipo instalado. Para potencias superiores a 1MW, se suelen instalar turbinas de gas o vapor para la generación de electricidad.

► **Gran escala (>5 MW):** son plantas orientadas a la generación de energía eléctrica, que pueden suministrar energía térmica cubriendo la demanda calorífica del territorio (hoteles, restaurantes, polígonos industriales).



Caldera de pequeña escala de pellets para calefacción

Tecnologías de combustión de pequeña escala.

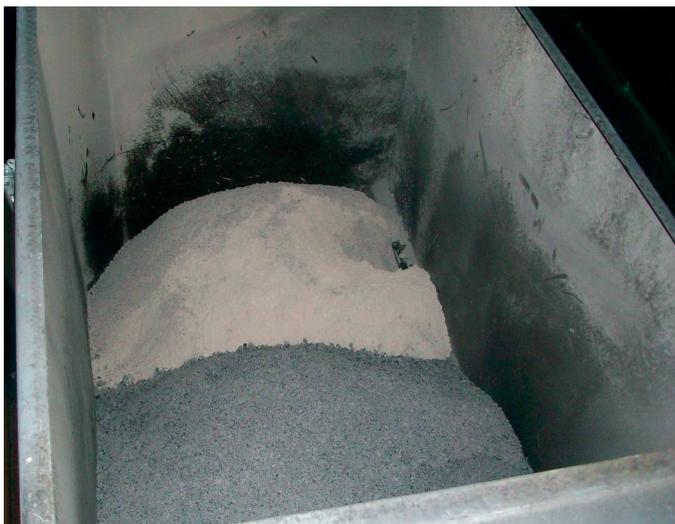
Las tecnologías de combustión de pequeña escala (5-500 kW) se caracterizan por:

► Producción de energía térmica en estufas y hogares a partir de la combustión de biomasa en una parrilla fija plana, con propagación del calor desde la fuente generadora mediante aire.

► Incorporación de intercambiadores de calor (sistema caldera) en los sistemas de más elevada potencia (≥ 15 kW) para la producción de agua caliente con fines de calefacción residencial y consumo sanitario.

► Control de la entrada de aire mediante respiraderos o rendijas en los sistemas de menor potencia. Para mayores potencias, el control es automático.

► Eliminación de las cenizas manualmente, excepto en los sistemas que incorporan una entrada automática de combustible (pellets y astillas), donde la ceniza es arrastrada y recogida en un cenicero.



Cenizas de pellets

► Instalación de silos o cámaras de almacenado de combustible en calderas domésticas de elevada potencia con la finalidad de garantizar una operación continua a lo largo de días o semanas. El combustible de biomasa es transportado desde el silo hasta la caldera mediante un transportador sinfín (pellets y astillas).

► Las tecnologías de combustión de pequeña escala no incorporan sistemas de limpieza de gases. Solamente son instalados tubos de evacuación de humos con acceso al exterior del recinto, donde es instalado el sistema de combustión.

Tipología de horno		Potencia	Tipo de energía	Entrada combustible	Retirada de ceniza
Hornos de palos y briquetas	Hogares	3-5 kW	Aire caliente	Manual	Manual
	Estufas	3-8 kW	Aire caliente	Manual	Manual
	Estufas de cerámica	8 kW	Aire caliente	Manual	Manual
	Calderas	15 kW	Agua caliente	Manual	Automática
Hornos para astillas		15-500 kW	Aire/Agua caliente	Automática	Automática
Hornos para pellets		15-500 kW	Aire/Agua caliente	Automática	Automática
Hornos para palos y pellets		15-500 kW	Aire/Agua caliente	Manual Automática	Automática

Características básicas de los sistemas de combustión de pequeña escala.

Fuente: Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña.

Autor: Sergio Martínez Lozano. Universidad de Girona (2009).

Tecnologías de combustión de mediana escala.

Las tecnologías de combustión de mediana escala (500 kW a 5MW) se caracterizan por:

- Consumo de astillas de madera en la totalidad de experiencias, debido a su menor coste en relación a los pellets.
- Operación del hogar a partir de una parrilla fija plana, inclinada o escalonada, con aportación de la biomasa mediante un transportador sinfín, tanto por la parte superior, como inferior u horizontal respecto a la parrilla.
- Producción de energía térmica en las experiencias de menor potencia para la calefacción de edificios. También se instalan sistemas de cogeneración. Las eficiencias de conversión energética son variables en función de la tecnología instalada.

- Instalación necesaria de silos, tanques o cámaras de almacenado que aporten combustible continuamente a la caldera. Las dimensiones de éstos varían en función de la potencia y eficiencia de conversión del sistema instalado.
- Instalación de ciclones o pequeños multiciclones para la eliminación de partículas de los gases de combustión. A medida que aumenta la potencia instalada, se requieren sistemas de separación de partículas más eficientes y de mayor magnitud debido al elevado volumen de gas de combustión generado. En estos casos, se instalan sistemas combinados como ciclones o multiciclones juntamente con filtros de mangas o precipitadores electrostáticos.
- En algunas experiencias europeas están presentes sistemas de quema de balas de paja o "Cigar burning" para potencias de 1-2 Mwth.

Tecnologías de combustión de gran escala.

Los sistemas de combustión de gran escala se caracterizan por:

- Similitud en características a los sistemas de mediana escala. Aumento de dimensiones y complejidad técnica de los componentes, necesidad de combustible de biomasa, y gran volumen de gases y cenizas generados.
- Generación energía térmica y eléctrica combinadamente mediante turbinas de vapor (eficiencia media 85-88%), o solamente eléctrica cuanto mayor es la potencia instalada (eficiencia media 25-30%).
- Combustión compatible de diversos combustibles de biomasa en un mismo horno (astillas de madera, residuos vegetales, etc.). La limitación en la operación de la caldera se haya en el contenido de humedad global del combustible o combustibles consumidos en el horno.
- Requerimiento de sistemas de limpieza de gases con elevados rendimientos de la separación de partículas. Se suelen usar sistemas combinados de filtros (multiciclón + precipitador electrostático, filtro de mangas + precipitador).
- Hay algunas experiencias con producción eléctrica/térmica a partir de la quema de balas de paja "Cigar Burning".

5.2.1.2.- Sistemas tecnológicos basados en la gasificación.

Cuando se desea generar energía térmica y/o eléctrica con biomasa, ésta se puede introducir en equipos en los que por la acción del calor y la carencia de oxígeno producen, al descomponer térmicamente el recurso, un gas combustible que puede emplearse de forma similar a como se utilizan el gas natural u otros combustibles gaseosos tradicionales. Estos equipos presentan la ventaja de poseer, cuando se trabaja con potencias reducidas o potencias muy elevadas, mayor rendimiento que los sistemas de combustión, por lo que en esos casos pueden ser mucho más adecuados.

Aproximadamente, una planta de gasificación consta de los mismos sistemas que una planta de combustión, salvo que la caldera se sustituye por el gasificador y el sistema de limpieza del gas.

Como sucede con la combustión, existen diferentes tecnologías de gasificación de un recurso, gasificador de corrientes paralelas, gasificador en contracorriente, gasificador de lecho fluido, etc. En función de las características del combustible y del destino del gas generado es más conveniente un tipo de aplicación u otro.

5.2.2.- PROCESOS BIOQUÍMICOS

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, existiendo dos tipos distintos:

a) Fermentación alcohólica: es una técnica empleada desde muy antiguo con los azúcares, que puede utilizarse también con la celulosa y el almidón, a condición de realizar una hidrólisis previa (en medio ácido) de estas dos sustancias. Pero la destilación, que permite obtener alcohol etílico prácticamente anhidro, es una operación muy costosa en energía. En estas condiciones, la transformación de la biomasa en etanol y después la utilización de este alcohol en motores de explosión, tienen un balance energético global que requiere ser mejorado para que resulte rentable su uso en lugar de los combustibles fósiles.

b) Digestión anaerobia: es la digestión anaerobia de la biomasa por bacterias. Es idónea para la transformación de la biomasa húmeda (más del 75% de humedad relativa). En los fermentadores, o digestores, la celulosa es esencialmente la sustancia que se degrada en un gas que contiene alrededor de 60% de metano y 40% de dióxido de carbono. El problema principal consiste en la necesidad de calentar el equipo, para mantenerlo en la temperatura óptima de 30-35°C. No obstante, el empleo de digestores es un camino prometedor hacia la autonomía energética de las explotaciones agrícolas, por recuperación de las deyecciones y camas del ganado.

De estos dos tipos de procesos, el segundo sería el más factible de usarse a nivel local.

5.2.2.1.- Sistemas basados en la digestión anaerobia.

En este proceso, la materia orgánica del residuo, en ausencia de oxígeno, se degrada o descompone por la actividad de unos microorganismos específicos, transformándose en un gas de alto contenido energético o "biogás", y en otros productos que contienen la mayor parte de los componentes minerales y compuestos de difícil degradación que, en ocasiones, se denominan "fangos".

El biogás, cuyos componentes principales son el metano y el anhídrido carbónico, puede emplearse para producir energía térmica, eléctrica o en sistemas de cogeneración. El metano es el componente que confiere el valor energético a este gas, 1 m³ de biogás con un 60% de metano tiene un poder calorífico próximo a las 5.500 kcal.



Gasificador de planta de residuos urbanos de Alcalá de Guadaíra

Para que el proceso tenga lugar con la máxima eficiencia, se deben controlar una serie de factores, como el pH, la alcalinidad, la acidez volátil, la temperatura, los nutrientes, los inhibidores y los tiempos de residencia.

Existen en la actualidad diferentes sistemas para llevar a cabo este proceso. Estas tecnologías se clasifican en función del sistema de carga utilizado y el estado de la biomasa bacteriana existente dentro del digestor. La implantación de una tecnología u otra depende principalmente de las características del vertido a tratar.

5.3.- MATRIZ DAFO DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOCOMBUSTIBLES

Una vez analizadas en detalle las diferentes tecnologías de producción y valorización energética de biocombustibles, a continuación se representan en una matriz dafo las oportunidades y amenazas que existen al respecto, y las fortalezas y debilidades de cada una.

Tipos de Tecnologías	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Astillado	<ul style="list-style-type: none"> - Es una tecnología relativamente económica, existiendo una gran variedad de equipos para ello. - Produce un biocombustible que podría usarse directamente sin ningún tipo de transformación posterior. - Su uso a nivel local es muy viable, por requerir una menor inversión en comparación con otras tecnologías. - Gran oferta y demanda de equipos consumidores de astillas en el mercado. - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. - Precio al alza de la electricidad, lo que hace que la generación termoeléctrica con biomasa sea cada vez más atractiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de incendios por almacenamiento de gran cantidad de biomasa combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permite reducir y homogeneizar el tamaño de la biomasa. - Facilita el transporte de la biomasa. - Puede ser in situ o ex situ, gracias a la variedad que existe de astilladoras. - Produce un biocombustible que podría usarse directamente sin ningún tipo de transformación posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - El volumen que ocupan las astillas es elevado, por lo que se requiere de una zona de almacenamiento importante.

Matriz dafo de tecnologías de producción y aprovechamiento energético de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Tecnologías	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Pelletizado	<ul style="list-style-type: none"> - Existen ayudas económicas para la ejecución de proyectos con dicha tecnología. - Hay gran diversidad de equipos consumidores de pellets en el mercado internacional. - Cada vez la oferta y demanda de estos equipos en el mercado es mayor. - Es una tecnología en continua investigación para la mejora del producto final. - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. - Precio al alza de la electricidad, lo que hace que la generación termoeléctrica con biomasa sea cada vez más atractiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - El coste del pellet en el mercado es variable. - Las subvenciones tienen un tiempo limitado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permite reducir y homogeneizar el tamaño de la biomasa. - Facilita el manejo y transporte de la biomasa. - Densifica la biomasa aumentando su poder calorífico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es un proceso que requiere de una importante inversión inicial, y la biomasa debe estar astillada inicialmente. - Ausencia de proveedores de pellets en muchas zonas geográficas.
Briquetado	<ul style="list-style-type: none"> - Hay diversidad de equipos consumidores de briquetas en el mercado internacional. - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. - Las briquetas tienen un amplio mercado de comercialización. 		<ul style="list-style-type: none"> - Permite reducir y homogeneizar el tamaño de la biomasa. - Facilita el manejo y transporte de la biomasa. - Densifica la biomasa aumentando su poder calorífico. 	
Empacado	<ul style="list-style-type: none"> - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. 		<ul style="list-style-type: none"> - Facilita el secado, recogida y transporte de la biomasa. - Densifica la biomasa aumentando su poder calorífico. - Es una tecnología relativamente económica, ya que existe maquinaria agrícola que realiza este proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las pacas de biomasa ocupan un elevado volumen, en comparación con otros biocombustibles.
Secado	<ul style="list-style-type: none"> - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> - En ocasiones puede requerir de un consumo energético importante, corriendo el riesgo de que el equilibrio energético sea negativo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta el poder calorífico de los biocombustibles, al disminuir su humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso previo necesario para la mayoría de las biomásas antes de poder usarse como combustibles. - Requiere de un consumo de energía importante.

Matriz dafo de tecnologías de producción y aprovechamiento energético de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Tecnologías	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Sistemas Tecnológicos de Combustión	<ul style="list-style-type: none"> - Existen ayudas económicas para la ejecución de proyectos con dicha tecnología. - Gran oferta y demanda de equipos de combustión de biomasa en el mercado. - Posibilidad de cogenerar y aumentar el ahorro energético en las empresas. - Posibilidad de ser referente en know-how en España para tecnologías innovadoras. - Precio al alza de la electricidad, lo que hace que la generación termoeléctrica con biomasa sea cada vez más atractiva. - Normativa del RITE. - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. - Regulación de las calderas de carbón que han de desaparecer en la calefacción doméstica a medio plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las subvenciones tienen un tiempo limitado. - Alta demanda de calderas en centro-Europa, lo que hace que su disponibilidad sea limitada. - Incremento de los requerimientos ambientales y emisiones. - Ausencia de normativa para instalaciones de combustión en edificios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe una gran variedad de equipos de combustión en el mercado (rangos de potencias amplios, tipos de biocombustibles, etc.). - Las aplicaciones son varias: uso térmico, uso eléctrico y cogeneración. - Hay instalaciones sencillas y replicables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requieren una zona de almacenamiento para el biocombustible. - Los equipos no suelen ser viables para distintos combustibles. - Los sistemas de alimentación de biocombustibles son diferentes a los existentes para combustibles fósiles, de ahí que en el sector doméstico no todas las instalaciones sean válidas por tamaño o condiciones. - Escasa experiencia en instalaciones con grandes necesidades logísticas. - Alto coste de algunas instalaciones.
Sistemas Tecnológicos de Gasificación	<ul style="list-style-type: none"> - Existen ayudas económicas para la ejecución de proyectos con dicha tecnología. - Posibilidad de ser referente en know-how en España para tecnologías innovadoras. - Precio al alza de la electricidad, lo que hace que la generación termoeléctrica con biomasa sea cada vez más atractiva. - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las subvenciones tienen un tiempo limitado. - Incremento de los requerimientos ambientales y emisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las aplicaciones son varias: uso térmico y uso eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere personal formado para dichas tecnologías. - Escasa experiencia en instalaciones con grandes necesidades logísticas. - Alto coste de algunas instalaciones.

Matriz dafo de tecnologías de producción y aprovechamiento energético de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

Tipos de Tecnologías	Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
Sistemas Tecnológicos de Digestión Anaerobia	<ul style="list-style-type: none"> - Existen ayudas económicas para la ejecución de proyectos con dicha tecnología. - Posibilidad de ser referente en know-how en España para tecnologías innovadoras. - Precio al alza de la electricidad, lo que hace que la generación termoeléctrica con biomasa sea cada vez más atractiva. - Buena imagen del aprovechamiento energético de la biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las subvenciones tienen un tiempo limitado. - Incremento de los requerimientos ambientales y emisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las aplicaciones son varias: uso térmico y uso eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere personal formado para dichas tecnologías. - Escasa experiencia en instalaciones con grandes necesidades logísticas. - Alto coste de algunas instalaciones.

Matriz dafo de tecnologías de producción y aprovechamiento energético de biocombustibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes bibliográficas del estudio.

5.4.- REPERCUSIÓN DEL EMPLEO DE CALDERAS DE BIOMASA EN LA CALIDAD DEL AIRE

El aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía primaria se efectúa mediante un proceso de combustión, bien empleándose directamente como combustible o buscando su transformación en sustancias que sí sean aptas para utilizar en este tipo de proceso.

Generalmente, estas reacciones tienen lugar en las denominadas calderas de biomasa, que no son más que un intercambiador de calor en el que la energía se aporta por un proceso de combustión de la biomasa. Estos equipos son muy semejantes en tamaño y funcionamiento a las calderas de gasóleo, salvo por el quemador, que está adaptado a las condiciones especiales de la biomasa, pudiendo emplearse tanto para calefacción doméstica y como para la producción de calor industrial. Aunque inicialmente ofrecían rendimientos muy bajos, en la actualidad han evolucionado mucho, alcanzando en muchos casos rendimientos superiores al 90%, y un mantenimiento mínimo, así como sistemas automáticos de limpieza.

Aunque depende de la naturaleza de la biomasa y de las tecnologías empleadas, durante la quema que tiene lugar en estas calderas se efectúa una reacción química que combina su carbono con el oxígeno del ambiente, formándose dióxido de carbono (CO_2) y combinando el hidrógeno con oxígeno para formar vapor de agua (H_2O). Cuando la combustión es completa, o sea la biomasa se quema totalmente, todo el carbono se transforma en CO_2 pero, a diferencia del CO_2 generado mediante la quema de combustibles fósiles, éste es devuelto a la atmósfera, donde fue tomado originalmente por los organismos vegetales mediante el proceso fotosintético. Según esto, el uso sostenible de la biomasa como combustible no hace aumentar el contenido de CO_2 en la atmósfera y, por lo tanto, no contribuye al efecto invernadero (su balance resulta neutro).

Sin embargo, cuando la combustión no es completa se forman monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas sólidas y otras sustancias que pueden generar impactos sobre la calidad del aire y, por ende, en la salud de las personas.

5.4.1.- PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS GENERADOS POR CALDERAS DE BIOMASA

En este apartado se ofrece un poco más de información acerca de las sustancias químicas más comunes que pueden originarse durante el proceso de combustión de la biomasa, afectando a la calidad del medio ambiente atmosférico:

Dióxido de carbono (CO₂).

Se trata de uno de los gases más abundantes en la atmósfera, incoloro, inodoro y ligeramente ácido. El CO₂ se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono, siendo también un producto resultado de procesos biológicos como la respiración o la fermentación.

Desempeña un papel fundamental en los procesos vitales de organismos vegetales y animales, como en la fotosíntesis, la respiración o en diversas actividades internas del cuerpo humano. Además, en cantidades adecuadas, es uno de los gases de efecto invernadero que contribuye a que la Tierra mantenga una temperatura habitable, ya que impide la salida de calor de la atmósfera. Sin embargo, durante los dos últimos siglos se ha producido un incremento notable de su concentración en la atmósfera como consecuencia de las actividades antrópicas, lo cual, a pesar de no ser la sustancia de mayor potencial invernadero, lo ha situado como el principal responsable del calentamiento global por el que atraviesa el planeta.

Si bien en condiciones normales no presenta efectos perjudiciales para la salud, un aumento de su concentración en un área cerrada o sin ventilación puede disminuir la cantidad de oxígeno presente, provocando asfixia.

Óxidos de azufre (SO_x).

Los óxidos de azufre que se forman durante el proceso de quemado de un combustible son el SO₂ y, en menor medida, el SO₃. Sus cantidades dependen del contenido de azufre en el combustible. Los carbones, en términos generales, son los más contaminantes y en orden descendente, le siguen el aceite combustible pesado (fuel-oil), el aceite combustible ligero (gas oil) y el gas. La biomasa sólo contiene trazas de azufre.

El SO₂ es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo que produce una sensación gustatoria a concentraciones de 260 a 860 µg/m³ en el aire. En contacto con la humedad del aire, forma ácido sulfúrico H₂SO₄, que puede ser arrastrado con la precipitación o sufrir deposición.

Los efectos nocivos más importantes de estos óxidos son:

- Afectación en las vías respiratorias de personas y animales.
- Formación de lluvia ácida, con graves consecuencias ecológicas y al Patrimonio Arquitectónico.

Monóxido de carbono (CO).

Es un gas incoloro e inodoro, resultado de una combustión incompleta de los reactantes de los combustibles orgánicos, por ello la magnitud que se emite a la atmósfera depende esencialmente de la calidad con que se efectúe el proceso de combustión (su presencia en los productos de la combustión es prácticamente nula cuando la combustión tiene lugar con exceso de aire).

En las zonas urbanas, un porcentaje muy alto de la presencia de CO se debe normalmente a las emisiones por el tráfico vehicular. Otra fuente importante son los procesos industriales de combustión.

Los efectos nocivos más importantes del CO son:

- ▶ Afectación a la capacidad respiratoria de personas y animales, ya que impide la oxigenación de la sangre a través de la hemoglobina, llegando a provocar asfixia.
- ▶ Creación de estrés psicológico y alteración de las habilidades motoras.

Óxidos nitrosos (NOx).

Los óxidos nitrosos (NOx) son el resultado de la combustión del nitrógeno del combustible y del aire. Este término incluye un alto número de especies gaseosas, pero las más significativas, según las cantidades emitidas son el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el óxido nitroso (NO). De acuerdo a su nivel de nocividad, el NO₂ es el más peligroso de los dos.

La cantidad de NOx formada depende de la cantidad de oxígeno y nitrógeno disponibles durante la combustión, la temperatura, el nivel de mezclado que se alcance y el tiempo de la reacción química. Los NOx formados por la oxidación (a altas temperaturas) del nitrógeno del aire, reciben el nombre de NOx térmicos. La temperatura a partir de la cual se intensifica la oxidación del nitrógeno es de 1.200°C. Los NOx formados a través de reacciones químicas del nitrógeno presente en el combustible, durante el proceso de quemado de éste, reciben el nombre de NOx del combustible. En general, la formación de NOx se ve favorecida por las medidas adoptadas para favorecer la combustión, por ello, su control conlleva un compromiso entre los factores que incrementan la eficiencia de la combustión y los que reducen la formación de NOx.

Los efectos perjudiciales más relevantes de los NOx son:

- ▶ Desórdenes respiratorios en seres humanos y animales.
- ▶ Reducción de la visibilidad por adsorción del espectro visible para el hombre.
- ▶ Afectación a las plantas por lluvias ácidas (ácido nítrico, HNO₃).
- ▶ Aceleración de la corrosión y la degradación material.
- ▶ Contribución a la formación del smog sobre las ciudades.
- ▶ Contribución a la formación de ozono troposférico, tóxico para el hombre.
- ▶ Agente cancerígeno.

Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM).

Se trata de sustancias químicas que contienen carbono y se volatilizan a temperatura ambiente, convirtiéndose fácilmente en vapores o gases. Junto con el carbono, contienen elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Son considerados como agentes precursores de contaminantes secundarios.

Las principales fuentes antropogénicas constituyen todos los procesos de combustión (fundamentalmente el tráfico y las industrias), así como la evaporación por la gestión y almacenamiento de los combustibles en reservas, en el llenado de vehículos y uso de disolventes. La principal fuente biogénica de emisión son los sistemas agroforestales, y en menor proporción, las masas de agua, los campos agrícolas y los procesos de fermentación bacteriana.

Por citar algunas de estas sustancias, se encuentran el isopreno, formaldehído, acetona, tolueno, etano, etc. Entre ellas se excluye expresamente al metano (CH_4), puesto que se considera un producto esencialmente natural generado por la descomposición de la materia orgánica.

Entre los efectos nocivos de los COVNM se encuentran:

- ▶ Irritación de los ojos, nariz y garganta.
- ▶ A exposiciones prolongadas, pueden provocar cefalea, pérdida de coordinación y náusea.
- ▶ En exposiciones crónicas, algunos COV afectan el hígado, los riñones y el sistema nervioso central.
- ▶ Algunas especies pueden actuar como agentes cancerígenos.

Partículas.

Incluye un conjunto de materias orgánicas e inorgánicas que, en forma sólida o líquida, acompañan a los gases formando una suspensión. Se emiten directamente desde diferentes fuentes (partículas primarias) o se forman por la condensación de los contaminantes gaseosos (NO_x , SO_2 e hidrocarburos).

El tamaño de estas partículas alcanza hasta los 100 μm de diámetro. Las más grandes (diámetro mayor a 10 μm) pueden ingresar hasta la nariz y garganta. Sin embargo, las partículas más pequeñas pueden entrar fácilmente hasta los pulmones y desde allí ser absorbidas directamente al torrente sanguíneo. Estas partículas suelen tener un diámetro inferior a 10 μm (suelen denominarse PM_{10}).

Por otra parte, se definen como partículas finas aquellas que tienen un diámetro menor de 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$). Se emiten por la combustión en los motores de vehículos, la generación eléctrica en centrales térmicas, los procesos industriales, o desde las chimeneas residenciales y estufas de madera. Se asocian con la reducción de la visibilidad, especialmente cuando su tamaño oscila entre 0,4 y 0,8 μm , que corresponde al rango de longitud de onda de la luz visible.

La magnitud de la emisión de partículas depende del modo de combustión, de la aerodinámica de la instalación y de la existencia o no de sistemas de limpieza de gases.

Las principales afectaciones que causan son:

- ▶ Alteraciones de la capacidad respiratoria de personas y animales.
- ▶ Reducción de la visibilidad.
- ▶ Alteración de las propiedades de los suelos cultivables.

- ▶ Intensificación de los efectos negativos del SO₂.
- ▶ Contribución a la formación del smog.

5.4.2.- ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIÓN ASOCIADOS AL USO DE BIOMASA

Emisiones asociadas al proceso de combustión.

En primer lugar, debe aclararse que la biomasa como materia combustible presenta una escasa presencia de compuestos de nitrógeno, azufre y cloro; lo que unido a la existencia de sistemas y equipos que operan con unos rendimientos muy elevados, hacen que los niveles de emisión de estas sustancias no constituyan un problema para el desarrollo de esta tecnología frente a las que emplean recursos de origen fósil.

Resulta particularmente complicado establecer una valoración genérica de las emisiones generadas por la combustión de biomasa, ya que éstas dependen de diversos factores como el tipo y características del combustible empleado, de la tecnología usada, de las condiciones en que se produce la combustión, de la existencia de mecanismos de control de las emisiones, etc. No obstante, existen multitud de experiencias en las que se han realizado comparaciones entre las principales emisiones asociadas a los procesos de combustión de biomasa, y de otros combustibles tradicionales de origen fósil.

A partir de un estudio realizado en una muestra de escuelas públicas en Austria (medido en operación real), se compararon las emisiones netas de las calderas de biomasa con las de los sistemas de calefacción convencionales, obteniéndose los resultados que figuran a continuación:

Combustible	CO	SO ₂	NOx	Partículas	COVNM
Gasóleo de calefacción	0,01	0,35	0,35	0,02	0,005
Gas natural	0,15	0,02	0,15	0,00	0,002
Astillas de madera y pellets	0,25	0,02	0,35	0,15	0,010

Emisiones netas (g/kWh) generadas durante el proceso de combustión, según tipo de combustible empleado.

Fuente: "Biomasa. Calefacción sostenible para edificios públicos". IDAE, 2002.

Los datos recogidos muestran que las calderas de biomasa tienen emisiones más bajas o similares de SO₂, levemente más altas en el caso del NOx y CO, y emisiones algo superiores, pero dentro de los límites aceptables, de partículas y COVNM. En este punto, conviene recordar el importante avance tecnológico experimentado por las calderas durante los últimos años, logrando sistemas con un elevado grado de automatización que consiguen realizar un mayor control sobre el proceso de combustión, disminuyendo notablemente la cantidad de contaminantes emitidos.

Otra manera de realizar un acercamiento a la naturaleza de las emisiones generadas durante el proceso de combustión de biomasa, resulta del análisis de los inventarios de emisiones desarrollados por distintos organismos gubernamentales. Así, la metodología EMEP/EEA (anteriormente EMEP/CORINAIR) es la principal guía europea de inventarios de emisiones nacida por la fusión de los programas EMEP y CORINAIR y actualizada periódicamente. Su principal objetivo es proporcionar orientación sobre la estimación de las emisiones tanto de fuentes antropogénicas como naturales.

La última actualización corresponde a "EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009", publicada en junio de 2009. Según la clasificación NFR (nomenclatura para informes requerida por EMEP), se

analizarán las emisiones generadas en el sector 1.A.4.b, correspondiente a pequeñas instalaciones de combustión para uso residencial, tanto para biomasa como otros combustibles tradicionales de origen fósil. Asimismo, el método de estimación empleado se corresponde con el Nivel 2, enfoque basado en la tecnología usada, que puede ser aplicado a nivel nacional pero que requiere de información de partida sobre el combustible y los equipos de combustión empleados. La tabla siguiente recoge los factores de emisión de las sustancias gaseosas más importantes, para distintos equipos y combustibles empleados:

Tecnología	Combustible	CO	SO _x	NO _x	COVNM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Caldera	Gasóleo	0,144	0,504	0,252	0,054	0,011	0,011
	Gas natural	0,108	0,002	0,252	0,036	0,002	0,002
	Madera	14,400	0,108	0,432	1,440	1,710	1,710
Estufa	Gasóleo	0,360	0,504	0,180	0,072	0,036	0,036
	Gas natural	0,108	0,002	0,180	0,036	0,002	0,002
	Pellets	1,800	0,072	0,324	0,072	0,274	0,274

Factores de emisión (g/kWh) estimados para instalaciones de calefacción residencial (< 50 kW).

Fuente: EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009.

Realizando un breve análisis de estos valores, el gas natural se revela como el combustible que menores ratios de emisión genera para los contaminantes analizados. Asimismo, para la biomasa se observan los factores de emisión más elevados, a excepción de los óxidos de azufre, cuya emisión se ve superada por los equipos que emplean gasóleo de calefacción.

Sin embargo, existen diversas consideraciones a la hora de interpretar estos datos. Por una parte, se tratan de valores medios aplicados a una tecnología genérica que dispone de diversas soluciones o equipos con rendimientos muy diversos. Por ejemplo, no se puede esperar la misma eficiencia energética y nivel de emisiones en una caldera tradicional, que use madera o residuos de ésta como combustible, que en las modernas calderas de pellets que existen hoy día en el mercado, con rendimientos cercanos al 95%. Así, si bien es cierto que los combustibles fósiles poseen una alta eficiencia energética, los equipos de biomasa térmica actuales cada vez se aproximan más a estos valores, favoreciendo así una reducción en las emisiones derivadas de una combustión incompleta.

Por otro lado, en cuanto al combustible, también existe en el mercado una diversidad de biomasa con diferentes características en su composición. Así, los pellets poseen una estructura y composición más homogénea que maximizan su rendimiento energético durante la combustión, al tiempo que reducen la emisión de contaminantes. Estos valores resultarían muy diferentes respecto a otros tipos de biomasa tales como leña, astillas o residuos agroindustriales, ya que su composición química puede variar considerablemente.

Por último, hay que destacar que la fuente consultada no recoge los factores de emisión para el CO₂. Por ello, a continuación se ofrecen los factores de emisión recomendados por el IDAE para este gas:

Combustible	Emisiones de CO ₂ (g/kWh)
Gasóleo de calefacción	287
Gas natural	204
Biomasa	0

Factor de emisión de CO₂ en procesos de combustión por tipo de combustible.

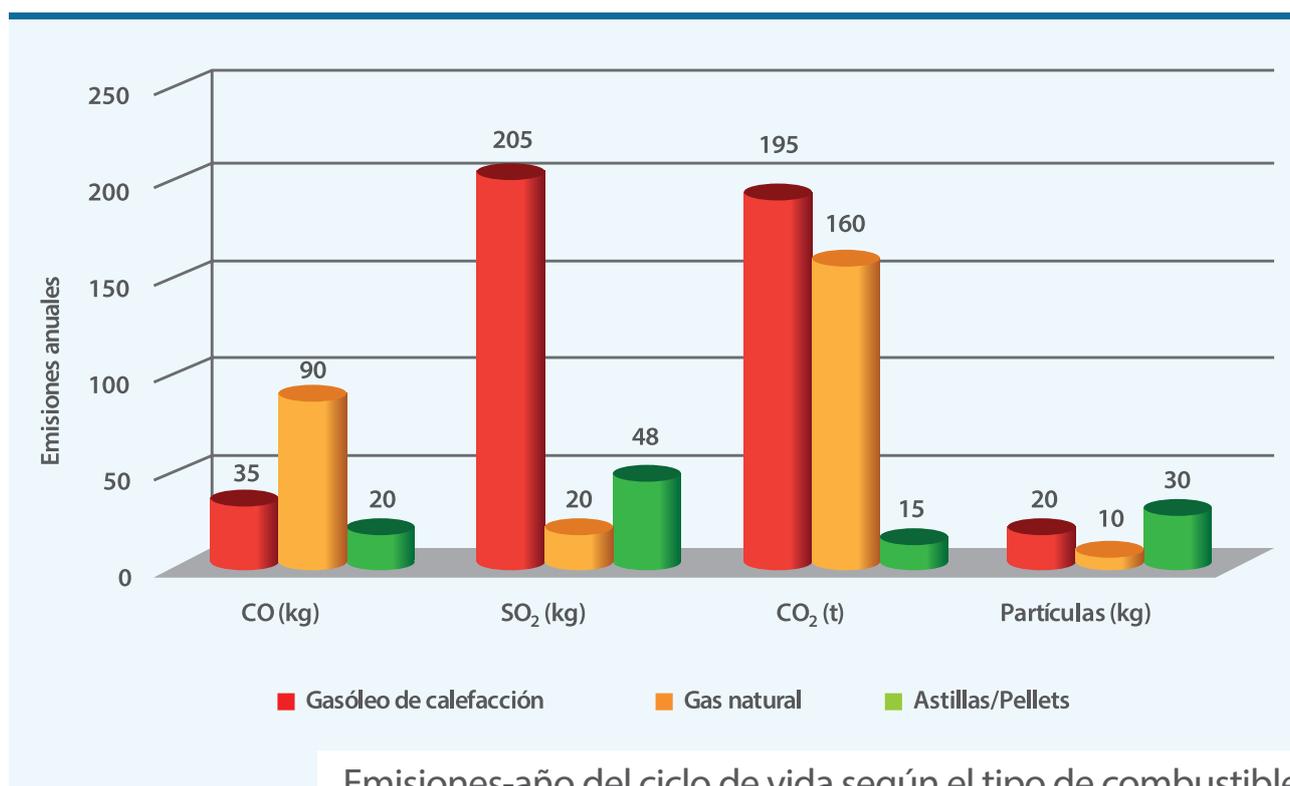
Fuente: IDAE, 2010.

La tabla anterior no hace más que remarcar el hecho de que las emisiones de CO₂ derivadas de la combustión de biomasa son neutras, al contrario que las fuentes de origen fósil, que aportan grandes cantidades de este gas a la atmósfera. Así, la nula contribución al efecto invernadero supone una de las mayores ventajas derivadas del empleo de biomasa como fuente de energía.

Emisiones asociadas al ciclo de vida de los combustibles quemados en calderas.

Las emisiones de las calderas no son las únicas consecuencias para el medio ambiente que deben ser consideradas a la hora de analizar el empleo de diversas fuentes de energía. La producción y el transporte del combustible suponen unas cantidades considerables de contaminación que necesitan considerarse en el análisis ambiental.

Las emisiones presentadas en el siguiente gráfico fueron calculadas hace una década con la base de datos GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems), desarrollada para el análisis del ciclo de vida de la energía, materiales y sistemas de transporte. Los resultados se basan en el estado tecnológico de las calderas en aquel entonces, con condiciones estándar para los combustibles convencionales, y suponiendo que los pellets de madera son transportados en camión una distancia de 300 km. Incluso se considera las emisiones debidas a la producción y al reciclado de las calderas.



Emisiones-año del ciclo de vida según el tipo de combustible

Fuente: "Calefacción en grandes edificios con biomasa. Aspectos técnicos básicos". IDAE, 2002.

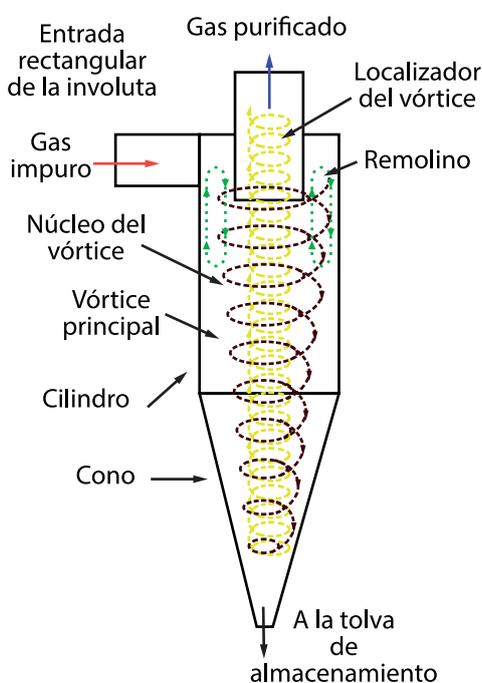
La figura muestra que, considerando todo el ciclo de vida, las astillas y pellets cumplen mejor los límites de emisiones de CO₂ y CO. Las emisiones de SO₂ son significativamente más bajas que para las calderas de gasóleo, pero levemente más altas que en las calderas de gas.

De igual modo, las emisiones de partículas son levemente más altas para pellets y astillas, pero su cantidad continúa estando en límites no excesivamente superiores a los de otros combustibles (no supera los 30 kg al año). Además, en la actualidad hay tecnologías que permiten reducir las emisiones de partículas (ver apartado específico a continuación).

Siguiendo con el análisis del ciclo de vida, las emisiones de NOx no fueron consideradas, pero teniendo en cuenta que la biomasa normalmente se quema a temperaturas inferiores a las que lo hacen los combustibles fósiles, la formación de estos compuestos es inferior a la que se produce con estos últimos. El modo de proceder a la hora de reducir las emisiones de los mismos es reduciendo su formación, que se consigue controlando rigurosamente el proceso de combustión, tanto en lo que se refiere al nivel térmico en el que se desarrolla como al porcentaje de aire.

Tecnologías para la reducción de las emisiones de partículas en calderas de biomasa.

Existen en el mercado diferentes sistemas y equipos para este fin, con una tecnología totalmente desarrollada y conocida. Dichos equipos operan con unos rendimientos muy altos y, por lo tanto, consiguen retener porcentajes muy elevados del total de partículas generadas. Estos sistemas presentan un elevado nivel de desarrollo debido a su uso desde hace tiempo con otros combustibles, especialmente con el carbón, y en la industria química. A continuación, y sin entrar en detalle, se exponen los más relevantes:



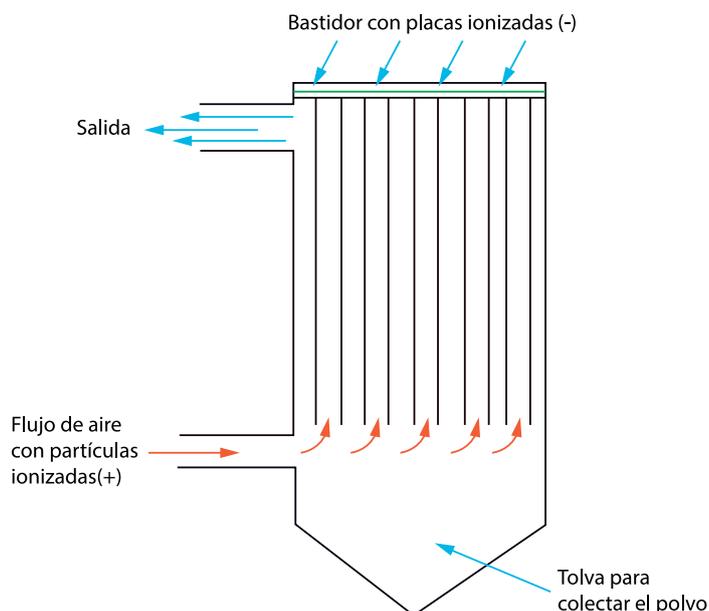
Esquema de un ciclón de partículas

cesidad de cambio y limpieza de los elementos que lo componen. Además, pueden sufrir la acción de partículas incandescentes, lo que aumenta notablemente las emisiones.

- **Precipitadores electrostáticos:** generan campos magnéticos para la carga electrostática de las partículas del gas de combustión. Las partículas son atraídas

- **Ciclones:** es un colector de partículas cónico con una entrada tangencial superior donde penetra la corriente de aire a depurar. Debido a su diseño y mediante la fuerza centrífuga y gravitatoria, la fracción sólida es separada del gas, saliendo el gas "limpio" sale por la parte superior y las partículas por la parte inferior del ciclón. Existen diversos tipos de ciclones diferenciados según el tipo de entrada de gas, descarga de partículas, capacidad de tratamiento y eficiencia de separación.

- **Filtros de mangas:** se utilizan para el control de partículas de combustibles sólidos y líquidos. Según su diseño y el tipo de tela de las mangas, la eficiencia de separación de las partículas puede alcanzar el 99% en tamaños de partículas <math><1 \mu\text{m}</math>. Tienen un coste razonable y requieren de un mayor mantenimiento debido a la frecuente ne-



Esquema de un precipitador electrostático de partículas

por unas placas colectoras de carga opuesta, permitiendo su separación del gas contaminante. Existen numerosos diseños con eficiencias de separación superiores al 98% para partículas $\leq 1 \mu\text{m}$, siendo utilizados en numerosas experiencias de combustión (RSU, carbón, madera, etc.).

- **Dispositivos de lavado de partículas (Scrubbers):** se basan en la aspersion de agua para el lavado del gas de combustión. Pueden alcanzarse eficiencias en la eliminación de partículas pequeñas cercanas al 99% (como en el caso del lavador Venturi), si bien la generación de aguas residuales supone una desventaja de estos dispositivos.

Las tecnologías expuestas son las más conocidas, pero es muy importante tener en cuenta que su uso estará absolutamente condicionada al tipo de proyecto que se pretenda implantar y a las condiciones concretas de la caldera que se adquiera. Cada fabricante detalla para cada modelo específico de caldera que produce, los datos técnicos sobre las emisiones potenciales de la misma, vendiéndose en muchos casos incorporadas en la propia caldera ciertas tecnologías de reducción de emisiones. Otros fabricantes han optado por desarrollar innovadores sistemas que permiten minimizar al máximo la producción de cenizas en la propia combustión.

En cualquier caso, no ha de olvidarse que el uso de combustibles de mala calidad puede disparar notablemente la producción de partículas.

Conclusiones sobre las emisiones asociadas al uso de biomasa.

Para finalizar este apartado, a modo de síntesis puede concluirse que para el análisis de las emisiones derivadas de la combustión de biomasa deben considerarse tres aspectos fundamentales:

1. Tipo y características del combustible empleado.
2. Eficiencia de los equipos empleados en la combustión.
3. Uso de sistemas de limpieza y control de emisiones.

Esto a su vez explica porque las instalaciones pequeñas suelen emitir, en términos relativos, mayor cantidad de contaminantes, ya que no suelen disponer de sistemas de reducción y control de las emisiones, mientras que en las grandes la adopción de medidas e implantación de sistemas de limpieza suele ser norma habitual, ya que en muchos casos supone incluso un imperativo legal.

5.4.3.- EJEMPLOS PRÁCTICOS: REDUCCIÓN DE EMISIONES POR INCORPORACIÓN DE CALDERA DE BIOMASA

Ejemplo 1: Una vivienda con un consumo de gasóleo para calefacción de 1.000 l/año, incorpora una caldera de astillas de madera para que supla una cuarta parte del consumo energético anual. La caldera dispone de un ciclón que logra retener el 70% de las partículas generadas. Para obtener las emisiones asociadas, primero debe calcularse el consumo anual de cada tipo de combustible (según IDAE, PCI gasóleo = 10,28 kWh/l; PCI astillas = 3,6 kWh/kg):

Consumo total anual = 1.000 l de gasóleo * 10,28 kWh/l = 10.280 kWh

Consumo anual de la caldera de astillas de: 10.280 kWh * 0,25 = 2.570 kWh

Situación inicial:

Combustible	Consumo (kWh)	CO ₂ (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NOx (kg)	Partículas (kg)	COVNM (kg)
Gasóleo	10.280	2.950,4	0,1	3,6	3,6	0,2	0,05

Situación final:

Combustible	Consumo (kWh)	CO ₂ (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NOx (kg)	Partículas (kg)	COVNM (kg)
Gasóleo	7.710	2.212,7	0,08	2,70	2,7	0,15	0,04
Astillas	2.570	0	0,64	0,05	0,9	0,38*0,3=0,11	0,02
Diferencia	0	737,7	0,72	2,75	3,6	0,26	0,06
Diferencia, %	0	-25,0%	620%	-23,61%	0	30%	20%

Así, en términos de emisiones anuales, la incorporación de la caldera de astillas de madera supone:

- Notable descenso en las emisiones de CO₂, igual a 0,7 t.
- Reducción en las emisiones de SO₂.
- Aumento en las emisiones de CO, partículas y COVNM (mínimo en estos dos últimos casos).
- Mismas emisiones de NOx.

Ejemplo 2: En este segundo caso se presentan los datos de un estudio, de gran interés para gobiernos locales, llevado a cabo en la Comarca del Pallars Sobirà por el patronato del Parque Natural del Alto Pirineo y la Universidad Autónoma de Barcelona (Arrés et al., 2010). El objetivo del estudio es evaluar la viabilidad energética, económica y ambiental del aprovechamiento de la biomasa forestal como recurso energético en varios bosques de dicha comarca. Una de las claves del estudio, es precisamente lo que se presenta en este ejemplo: el positivo balance de emisiones de CO₂ resultante de la implementación del proyecto.

El proceso se puede esquematizar de la siguiente manera:

- La materia prima es la biomasa resultante de los tratamientos silvícolas de las masas forestales de la zona, y los residuos de las serrerías de la zona.
- La biomasa se transporta a una planta, en la que se almacena hasta su transporte al destino.
- Finalmente la biomasa se combustiona en las calderas de varias instalaciones municipales (escuela y dependencias del Ayuntamiento).

El consumo de gasoil y energía primaria durante las distintas etapas de aprovechamiento de la biomasa:

Etapas	Consumo de gasoil (litros)	Consumo de energía primaria (MWh/año)	%
Etapa de extracción (incluido astillado)	14.500	145,8	73
Etapa de transporte	5.370	53,98	27
Total	19.820	199,78	100

Fuente: Arrés et al., 2010.

Las distintas etapas de aprovechamiento de la biomasa, considerando el ciclo de vida completo, dan lugar a las siguientes emisiones de CO₂:

Etapas	Emisiones de CO ₂ (t/año)
Etapa de extracción	33
Etapa de astillado	29
Etapa de transporte	13
Combustión de biomasa en el escenario propuesto	10.135
Total	10.210

Fuente: Arrés et al., 2010.

El balance neto de CO₂ se obtiene de la resta de la cantidad emitida menos la fijada:

$$\text{Balance CO}_2 = \text{Fijado} - \text{Emitido}$$

$$\text{Balance CO}_2 = 10.135 - 10.210 = -75 \text{ tCO}_2/\text{año}$$

Por último, se presenta una comparativa entre las emisiones que generaría el proyecto usando distintos tipos de combustible (se comparan los resultados anteriores usando biomasa con gasoil y gas natural):

Biomasa	Gasoil	Gas natural
-75 tCO ₂ /año	12.480 tCO ₂ /año	7.696 tCO ₂ /año

Fuente: Arrés et al., 2010.

5.4.4.- NORMATIVA BÁSICA ESTATAL EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Hasta 2007, la normativa española sobre emisiones a la atmósfera ha estado basada en la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico, la cual recogía un marco general para el control de la calidad del aire y para la regulación de las fuentes emisoras. Si bien estaba diseñada para una organización administrativa distinta a la actual, las principales medidas para la prevención y control de la contaminación atmosférica ya estaban recogidas en ella y en la normativa que se desarrolló (Decreto 833/1975, de 6 de febrero y Orden de 18 de Octubre de 1976 sobre prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera).

No obstante, desde esa época se ha evolucionado de manera significativa en el área ambiental, tanto a nivel administrativo (descentralización del estado, ingreso en la Unión Europea, escisión más o

menos general de la temática de atmósfera del área de industria a los departamentos de medio ambiente, que en aquel momento no existían), como en cuanto a la mayor disponibilidad de técnicas para la minimización, abatimiento y seguimiento de las emisiones de contaminantes.

En el campo normativo, había habido una cierta evolución, principalmente derivada de la pertenencia a la UE, principal impulsor de reglamentación que se fue incorporando paulatinamente a nuestro derecho interno (Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión (GIC), y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo; Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos; Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) debidas al uso de disolventes en determinadas actividades). En este sentido, cabe destacar la incorporación de la Directiva IPPC por medio de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, que incorporaba varios conceptos innovadores, como la integración de las diferentes autorizaciones ambientales o la aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) a las instalaciones más importantes desde el punto de vista de su afección ambiental.

El enorme esfuerzo que supuso la aplicación de la Directiva IPPC y la normativa europea en nuestro país, hizo que la actualización de la normativa básica estatal quedara como asignatura pendiente, que no se pudo llevar a cabo hasta la promulgación de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. Dicha ley actualiza (y por lo tanto deroga) la anterior Ley 38/1972 como norma básica de protección de la atmósfera, poniendo al día los marcos jurídicos de los principales ámbitos en materia de atmósfera: calidad del aire y protección de la atmósfera.

En el ámbito de calidad del aire, la tarea de puesta al día se puede considerar prácticamente completada con la publicación del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, la cual deroga toda la normativa anterior e incorpora en una única norma todas las Directivas europeas en la materia. Si bien se ha iniciado un proceso de revisión a nivel europeo de las políticas de calidad del aire, que se espera culmine en 2013, se puede considerar que a nivel normativo, el marco compuesto por la Ley 34/2007 y el Real Decreto 102/2011 está totalmente integrado y actualizado y sirve como marco regulador para la elaboración del Plan nacional de mejora de la calidad del aire (aprobado el 4 de noviembre de 2011).

En el ámbito de emisiones, la situación de partida era más compleja, puesto que se partía de diversas normativas sectoriales (Real Decreto 430/2004 (GIC), Real Decreto 653/2003 (Residuos), Real Decreto 117/2003 (COV)) y, en su defecto, la norma básica de aplicación databa de 1975 (Decreto 833/75).

Esta compleja situación a nivel nacional se completaba a nivel autonómico con la existencia de diversas leyes enfocadas de manera más o menos general a la autorización integrada (Cataluña, Andalucía, etc.), así como con desarrollos normativos de menor rango en materia de emisiones de ámbito general (Decreto Foral 6/2002, de 14 de enero, sobre contaminación atmosférica, en Navarra) o en ámbitos sectoriales (Decreto 319/1998, de 15 de diciembre, sobre instalaciones de combustión menores de 50 MW, en Cataluña).

Ante esta situación, la primera tarea prevista por la Ley 34/2007 era la actualización del Catálogo de Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (CAPCA). La importancia de este instrumento deriva de los múltiples objetivos que pretende cumplir.

Por un lado supone una sistemática de todas las actividades susceptibles de generación de conta-

minación a la atmósfera, y por lo tanto, incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley. Da por lo tanto una seguridad jurídica al listar las actividades reguladas por la Ley, y establece una sistematización de las mismas muy necesaria para su control y seguimiento, elemento clave para el diseño de políticas, así como para el cumplimiento de las diversas obligaciones en materia de información a diferentes ámbitos europeos e internacionales por parte del estado español.

Por otro lado, el empleo de grupos, supone la determinación del grado de intervención administrativa al que están sometidas las instalaciones en las que se desarrollan dichas actividades, así como el nivel de control por parte de la administración de sus emisiones y comportamiento ambiental.

Con estos objetivos en mente, y partiendo del CAPCA incluido en el anexo IV de la Ley 34/2007, compuesto por una primera parte basada en la clasificación SNAP empleada a nivel europea en el programa CORINAIR, y una segunda basada en el catálogo existente del Decreto 833/75, se procedió a integrar ambos listados de actividades en uno único por medio del Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el Catálogo de Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.

Asimismo se han incorporado una serie de elementos básicos para su aplicación, que han permitido derogar tanto el Decreto 833/75 como la Orden de 18 de Octubre de 1976, de manera que se actualiza todo el régimen normativo general aplicable a las Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (APCA).

La derogación de estas dos normas supone un reto dado el elevado nivel de detalle de las mismas, que, de acuerdo a nuestra organización constitucional, deben asumir las Comunidades Autónomas. En muchos casos, éstas ya disponían de normativa detallada (Navarra, Cantabria), y en los restantes, dichas normativas están en preparación y se irán publicando en breve (Canarias, Castilla y León).

A nivel nacional, está también en marcha la tarea de incorporación de la Directiva 75/2010, de 24 de Noviembre, sobre emisiones industriales, que se pretende aprovechar para integrar de una manera similar a lo realizado en el ámbito de calidad del aire toda la normativa existente en materia de emisiones a la atmósfera en un único Real Decreto, así como incorporar las medidas necesarias para las APCA no cubiertas por normativa europea. Con esta futura normativa, se trataría de consolidar e integrar la normativa básica estatal sobre emisiones a la atmósfera, compuesta por la Ley IPPC (principales instalaciones abarcando el medio ambiente de manera general –aire, agua, suelo-), la Ley 34/2007 (Ley marco sobre atmósfera), Real Decreto 100/2011 (clasificación actividades contaminadoras de la atmósfera) y una futura normativa de regulación básica de los valores límite de emisión (VLE) y requisitos técnicos de las mismas.

Aplicación de la normativa a las calderas de biomasa.

Del mismo modo que para otros tipos de instalaciones de combustión, las calderas de biomasa deben respetar unos límites legales de emisión de contaminantes a la atmósfera (VLE). Estos límites variarán en función de la actividad de que se trate, de sus características e incluso de la Comunidad Autónoma donde se emplace, ya que compete a éstas la aplicación de la normativa y la fijación en última instancia de los criterios aplicables.

Un primer paso fundamental a la hora de determinar los valores límite de emisión para una instalación concreta es comprobar si se ve afectada por la Ley 16/2002, es decir, si figura en su Anexo I. En ese caso, son las comunidades autónomas, a través de la Autorización Ambiental Integrada (AAI), las que definirán los VLE teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ▶ La información suministrada por la Administración General del Estado sobre las Mejores Técnicas Disponibles (MTD).
- ▶ Las características técnicas de las instalaciones, su implantación geográfica y las condiciones ambientales locales.
- ▶ La naturaleza de las emisiones y su potencial traslado de un medio a otro.
- ▶ Los planes nacionales aprobados, en su caso, para dar cumplimiento a compromisos establecidos en la normativa comunitaria o en tratados internacionales suscritos por el Estado español o por la Unión Europea.
- ▶ La incidencia de las emisiones en la salud humana potencialmente afectada y en las condiciones generales de la sanidad animal.
- ▶ Los valores límites de emisión fijados, en su caso, por la normativa en vigor en la fecha de la autorización.

Un ejemplo de instalación de aprovechamiento energético de biomasa afectada por la Ley 16/2002, sería cualquier instalación de combustión con una potencia térmica de combustión superior a 50 MW, correspondiente al epígrafe 1.1 de dicho anejo.

En el caso de que la instalación estudiada no se viera afectada por dicha Ley, habría que comprobar si alguna de las actividades que se desarrollan en la misma puede ser considerada potencialmente contaminadora de la atmósfera. Para ello, hay que acudir al CAPCA, recogido en el único anexo del Real Decreto 100/2011. En función de la actividad de que se trate y de su clasificación en el CAPCA, será necesario establecer procedimientos de autorización, control y notificación de sus emisiones a la administración competente.

Una vez que se determina la inclusión o no de la actividad en el CAPCA, el siguiente paso es atender a las prescripciones dictadas por cada Comunidad Autónoma, así como a las disposiciones de carácter local si las hubiere. Dada su amplitud, en el presente estudio no se contempla un análisis de las distintas normas autonómicas en materia de emisiones atmosféricas, aunque sí se ha considerado de interés recoger un listado de la legislación e instrucciones técnicas más relevantes en cada Comunidad Autónoma, las cuales pueden consultarse en el Anexo IV del presente documento.

Llegados a este punto, puede concluirse que el establecimiento de los VLE por parte de las CCAA se realiza una vez se analizan las características y ubicación de una actividad concreta, y el marco legal en el que se encuadra, por lo que resulta difícil establecer límites legales de emisión para cada contaminante, con carácter general. No obstante, con objeto de ofrecer una orientación sobre los valores límites establecidos en las Comunidades Autónomas, seguidamente se exponen los casos concretos de Andalucía y Navarra, ya que sería excesivamente extenso hacer un tratamiento completo de la realidad existente en cada región. Se han escogido los casos de Andalucía y Navarra por ser dos Comunidades Autónomas en las que los valores límite se han definido de forma clara, siendo el caso de Andalucía muy interesante por ser la norma que lo regula muy reciente.

Comenzando por el caso andaluz, el Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía, establece en su Disposición Adicional Única unos VLE sólo aplicables a las

actividades recogidas en el epígrafe 27 del Anexo IV del Decreto 833/1975 (actividades industriales diversas no especificadas en dicho anexo). Estos valores son:

Contaminante	Unidad	Nivel de emisión
Partículas sólidas	mg/Nm ³	50
SO ₂	mg/Nm ³	200
NOx (como NO ₂)	mg/Nm ³	600
CO	mg/Nm ³	625
Flúor total (como HF)	mg/Nm ³	10
Cloro total (como HCl)	mg/Nm ³	10
SH ₂	mg/Nm ³	10
Opacidad	Bacharach	2
Opacidad	Ringelmann	1

Valores límite de emisión recogidos en la Disposición Adicional Única del Decreto 239/2011.

Fuente: Boletín Oficial de la Junta de Andalucía nº 152, 2011.

En Navarra, el Decreto Foral 6/2002, de 14 de enero, por el que se establecen las condiciones aplicables a la implantación y funcionamiento de las actividades susceptibles de emitir contaminantes a la atmósfera, establece en su Anexo III los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera para las principales actividades industriales potencialmente contaminadoras de la Atmósfera. El epígrafe 2 de este anexo hace referencia a las instalaciones de combustión, distinguiendo entre aquellas con una potencia térmica nominal superior a 50 MW o inferior. Estas últimas (epígrafe 2.2), aparecen también clasificadas según el estado de agregación del combustible empleado. A continuación, para cada rango de potencia establecido, se recogen los límites de emisión para instalaciones que utilizan combustibles sólidos (epígrafe 2.2.1):

Contaminante	≤ 100kW	100 kW-2,5 MW	2,5 kW-5 MW	5 MW-25 MW	25 MW-50 MW
Partículas	-	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
SOx (como SO ₂)	-	2.000 mg/Nm ³	2.000 mg/Nm ³	2.000 mg/Nm ³	2.000 mg/Nm ³
NOx (como NO ₂)	-	-	-	500 mg/Nm ³	300 mg/Nm ³
CO	-	250 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³
COV	-	(acarga nominal)	-	150 mg/Nm ³	150 mg/Nm ³
Opacidad	2 (Bacharach)	-	-	-	-

Valores límite de emisión recogidos en el epígrafe 2.2.1 del Anexo III del Decreto Foral 6/2002.

Fuente: Boletín Oficial de Navarra nº 31, 2002.

Por último, cabe señalar que las calderas de las actividades incluidas en el CAPCA, independientemente del sector al que den servicio, si están destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, se encuentran afectadas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado mediante RD 1027/2007. Dicho reglamento establece las condiciones para conseguir un uso racional de la energía y tiene carácter de reglamentación básica del Estado, por lo que para su aplicación las Comunidades Autónomas deberán desarrollar la reglamentación complementaria correspondiente.

De manera particular, las actividades del CAPCA del grupo "02 Combustión en sectores no industriales" se encuentran en su mayoría afectadas por este reglamento.



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA BIOMASA COMO RECURSO.

6.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN POTENCIAL DE BIOMASA

En el ámbito de estudio existe una producción de diferentes tipos de biomasa que se generan de forma continua, los cuales tienen un potencial energético más o menos importante. Dicho potencial se invierte en distintos usos, como la generación de energía térmica o la producción de electricidad.

En apartados anteriores, se han recogido aquellos tipos de biomasa que se han tenido en cuenta para el desarrollo del presente estudio; sin embargo, no de todas ellas se ha obtenido información ni todas son igualmente representativas en el ámbito de estudio. Es por ello que, a continuación, se van a aportar datos de producción de aquellas biomásas de las que se ha recopilado información

suficiente o se ha podido estimar dicho valor en base a metodologías aplicadas, usando diferentes fuentes publicadas al respecto, y de forma independiente.

Los datos que se presentarán en los apartados siguientes corresponden a los cálculos realizados con la información disponible hasta la fecha de redacción de este estudio.

6.1.- RESIDUOS FORESTALES

Tal y como se ha expuesto en el apartado de metodología, los residuos forestales tenidos en cuenta para estimar la producción potencial de biomasa forestal son los siguientes:

- ▶ **Restos de aprovechamientos forestales:** Restos que proceden de los tratamientos y aprovechamientos de masas forestales existentes (ramas, rabeones, etc.).
- ▶ **Árbol completo de masas forestales existentes:** Árboles enteros procedentes de masas naturales o implantadas en el pasado con otros fines diferentes a los energéticos, cuyo aprovechamiento actual se destina enteramente a tal fin. Árboles enteros procedentes de monte alto que actualmente cuenta con nulo aprovechamiento maderero y/o de otros usos alternativos.

Así mismo, el resultado final se presenta como “biomasa potencial disponible”, es decir, aquella biomasa accesible que no tiene un uso maderero. En este sentido, puede afirmarse que es la biomasa accesible que no entra en competencia con las cortas madereras que se llevan a cabo en la actualidad.

A continuación, se exponen los resultados sobre biomasa forestal potencial disponible:

Comunidad Autónoma	Restos de aprovech. forestales	Árbol completo	Total masas existentes
Andalucía	209.375	1.649.219	1.858.594
Aragón	56.161	740.121	796.282
Canarias	1.182	24.498	25.680
Cantabria	181.728	505.452	687.180
Castilla-La Mancha	74.165	1.313.048	1.387.213
Castilla y León	123.428	2.300.723	2.424.151
Cataluña	171.078	1.220.223	1.391.301
Comunidad de Madrid	7.205	167.611	174.816
Comunidad Foral de Navarra	41.565	804.471	846.036
Comunitat Valenciana	38.809	234.648	273.457
Extremadura	91.283	1.451.860	1.543.143
Galicia	1.307.072	3.427.870	4.734.942
Illes Balears	9.126	51.551	60.677
La Rioja	7.516	112.853	120.369

Biomasa potencial disponible de masas forestales existentes (t/año).

Fuente: IDAE, 2011.

Comunidad Autónoma	Restos de aprovech. forestales	Árbol completo	Total masas existentes
País Vasco	369.469	834.068	1.203.537
Principado de Asturias	280.944	829.081	1.110.025
Región de Murcia	14.137	63.819	77.955
Total	2.984.243	15.731.116	18.715.358

Biomasa potencial disponible de masas forestales existentes (t/año).

Fuente: IDAE, 2011.

Comunidad Autónoma	Restos de aprovech. forestales	Árbol completo	Total masas existentes
Andalucía	45.985	347.799	393.784
Aragón	12.784	167.430	180.214
Canarias	296	5.780	6.076
Cantabria	37.026	104.661	141.687
Castilla-La Mancha	16.765	284.746	301.510
Castilla y León	27.383	498.963	526.346
Cataluña	38.232	279.538	317.771
Comunidad de Madrid	1.627	35.798	37.425
Comunidad Foral de Navarra	9.051	172.223	181.274
Comunitat Valenciana	8.718	52.097	60.814
Extremadura	20.093	294.269	314.362
Galicia	271.963	760.068	1.032.031
Illes Balears	2.048	11.310	13.358
La Rioja	1.640	24.503	26.143
País Vasco	81.891	180.828	262.719
Principado de Asturias	57.596	179.704	237.300
Región de Murcia	3.176	14.443	17.619
Total	636.273	3.414.158	4.050.432

Biomasa potencial disponible de masas forestales existentes (tep/año).

Fuente: IDAE, 2011.

6.2.- RESIDUOS AGRÍCOLAS

Atendiendo a la metodología utilizada, los residuos agrícolas que han sido tenidos en cuenta son los siguientes:

- ▶ Leñosos: Son los restos que se generan a partir de podas de olivares, frutales y viñedos.
- ▶ Herbáceos: Engloba principalmente pajas de cereal y cañote de maíz.

A continuación, se presentan en tablas los datos de producción potencial de biomasa disponible de residuos agrícolas.

Comunidad Autónoma	Herbáceos	Leñosos	Total
Andalucía	2.518.996	4.957.623	7.476.619
Aragón	1.257.356	1.419.104	2.676.460
Canarias	310	179.767	180.076
Cantabria	41.213	6.518	47.731
Castilla-La Mancha	2.060.321	1.073.376	3.133.697
Castilla y León	4.167.623	230.759	4.398.382
Cataluña	1.045.020	2.210.580	3.255.599
Comunidad de Madrid	137.583	62.472	200.055
Comunidad Foral de Navarra	641.182	126.822	768.005
Comunitat Valenciana	52.487	2.223.407	2.275.894
Extremadura	898.837	982.766	1.881.602
Galicia	992.906	550.870	1.543.777
Illes Balears	113.942	405.250	519.191
La Rioja	229.865	217.358	447.223
País Vasco	220.548	64.823	285.372
Principado de Asturias	0	378.173	378.173
Región de Murcia	56.376	1.028.553	1.084.929
Total	14.434.566	16.118.220	30.552.785

Biomasa potencial disponible de restos agrícolas (t/año).

Fuente: IDAE, 2011.

Comunidad Autónoma	Herbáceos
Andalucía	1.574.623
Aragón	560.202
Canarias	38.508
Cantabria	9.803
Castilla-La Mancha	649.475
Castilla y León	899.568
Cataluña	686.162
Comunidad de Madrid	41.418
Comunidad Foral de Navarra	157.911
Comunitat Valenciana	486.394
Extremadura	393.515
Galicia	320.363
Illes Balears	110.002
La Rioja	93.333
País Vasco	58.835
Principado de Asturias	80.896
Región de Murcia	231.623
Total	6.392.631

Biomasa potencial disponible de restos agrícolas (tep/año).

Fuente: IDAE, 2011.

6.3.- RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Además de los tipos de biomasa residual procedentes del sector agrícola, comentados en apartados anteriores (podas, paja y cañote), existen otros residuos de carácter alimentario y origen vegetal que se generan en las industrias manufactureras de alimentación y bebidas (almazaras y extractoras de aceite de oliva, industrias de aderezo de aceituna, industrias procesadoras de frutos secos, industrias de procesamiento y conservación de frutas y hortalizas, fabricación de vinos, sidra y cerveza, etc.).

Dichos residuos son muy numerosos y variados, y en base a la información publicada al respecto podrían ser valorizados energéticamente los siguientes:

- ▶ Residuos de almazaras y extractoras de aceite de oliva y de industrias de aderezo: orujillo, hueso de aceituna, alperujo y alpechín.
- ▶ Residuos de industria vinícola, principalmente, orujos (residuos del prensado de uva fresca), lías (sustancias sólidas, sobre todo restos de levaduras acumuladas en el fondo de los depósitos tras la fermentación del vino), y los hollejos (piel que envuelve la pulpa o parte carnosa de la uva).
- ▶ Residuos de industria cervecera y de sidra: bagazo o cebadilla y magalla, respectivamente.
- ▶ Residuos de industria cerealista: la paja de cereal, principalmente.
- ▶ Residuos de industria azucarera: pulpa y melaza.
- ▶ Residuos de industria hortofrutícola y de transformación: pieles, pepitas, huesos, pulpas, frutos en mal estado (no comercializables) y excedentes (fruto entero retirado de la cadena de comercialización por la aplicación de los mecanismos de regulación de precios establecidos por la Política Agraria Común), etc.
- ▶ Residuos de industrias procesadoras de frutos secos: cáscara de almendras y piñones, principalmente.

En base a la metodología descrita en apartados anteriores, se va a proceder a recoger en tres tablas los datos de producción de biomasa residual agroindustrial estimada para algunos de los residuos anteriores a nivel de comunidad autónoma, considerándolos de manera agrupada los que pueden utilizarse para producción de biogás (según el Proyecto de PROBIOGÁS), y de forma separada por tipo de biomasa residual el resto.

Comunidad Autónoma	Producción disponible (t/año)	Potencial energético (tep/año)
Andalucía	6.712.858	724.989
Aragón	1.987.712	214.673
Canarias	94.440	10.200
Cantabria	5.285	571

Nota: Las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla no tienen datos disponibles.

Producción disponible de residuos agroindustriales con potencialidad para producción de biogás

Fuente: Proyecto de PROBIOGÁS.

Comunidad Autónoma	Producción disponible (t/año)	Potencial energético (tep/año)
Castilla-La Mancha	3.147.370	339.916
Castilla y León	6.509.875	703.067
Cataluña	1.372.108	148.188
Comunidad de Madrid	309.271	33.401
Comunidad Foral de Navarra	1.105.833	119.430
Comunitat Valenciana	973.328	105.119
Extremadura	1.845.332	199.296
Galicia	372.937	40.277
Illes Balears	192.409	20.780
La Rioja	338.337	36.540
País Vasco	284.040	30.676
Principado de Asturias	21.215	2.291
Región de Murcia	399.667	43.164
Total	25.672.017	2.772.578

Nota: Las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla no tienen datos disponibles.

Producción disponible de residuos agroindustriales con potencialidad para producción de biogás

Fuente: Proyecto de PROBIOGÁS.

Comunidad Autónoma	Producción hueso de aceituna (t/año)	Potencial energético hueso de aceituna (tep/año)	Producción orujillo (t/año)	Potencial energético orujillo (tep/año)
Andalucía	377.474	166.089	823.626	321.214
Aragón	4.075	1.793	8.864	3.457
Canarias	0	0	0	0
Cantabria	0	0	0	0
Castilla-La Mancha	32.560	14.326	76.418	29.803
Castilla y León	810	356	981	382
Cataluña	13.492	5.937	31.660	12.347
Comunidad de Madrid	1.319	580	2.968	1.158
Comunidad Foral de Navarra	1.337	588	2.983	1.163
Comunitat Valenciana	10.211	4.493	23.930	9.333
Extremadura	20.485	9.014	36.978	14.421
Galicia	0	0	1	<1
Illes Balears	170	75	383	149
La Rioja	326	143	767	299
País Vasco	25	11	59	23
Principado de Asturias	0	0	0	0
Región de Murcia	2.937	1.292	6.512	2.540
Total	465.221	204.697	1.016.129	396.290

Nota: Las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla no tienen datos disponibles.

Producción total estimada de residuos de industrias aceituneras con valorización energética directa.

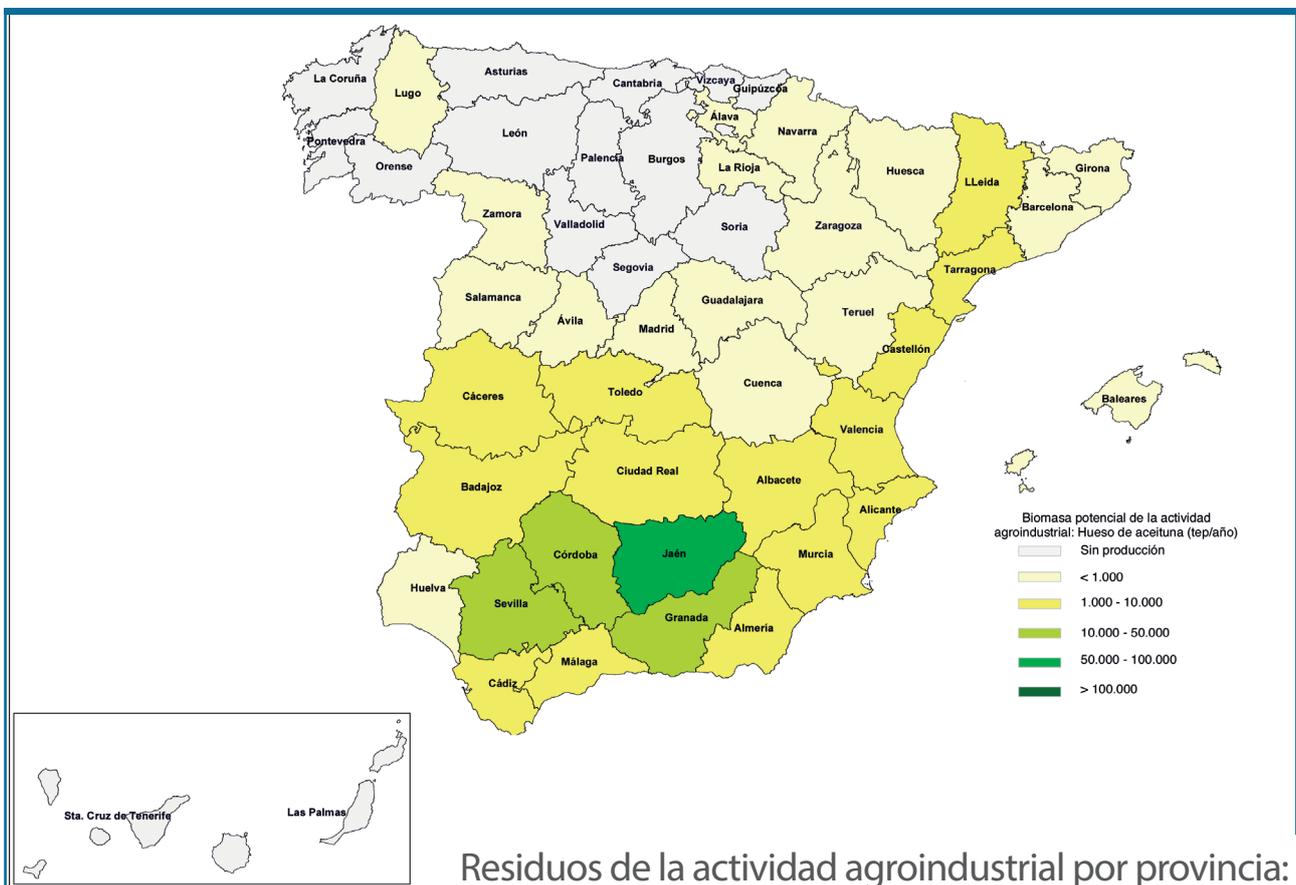
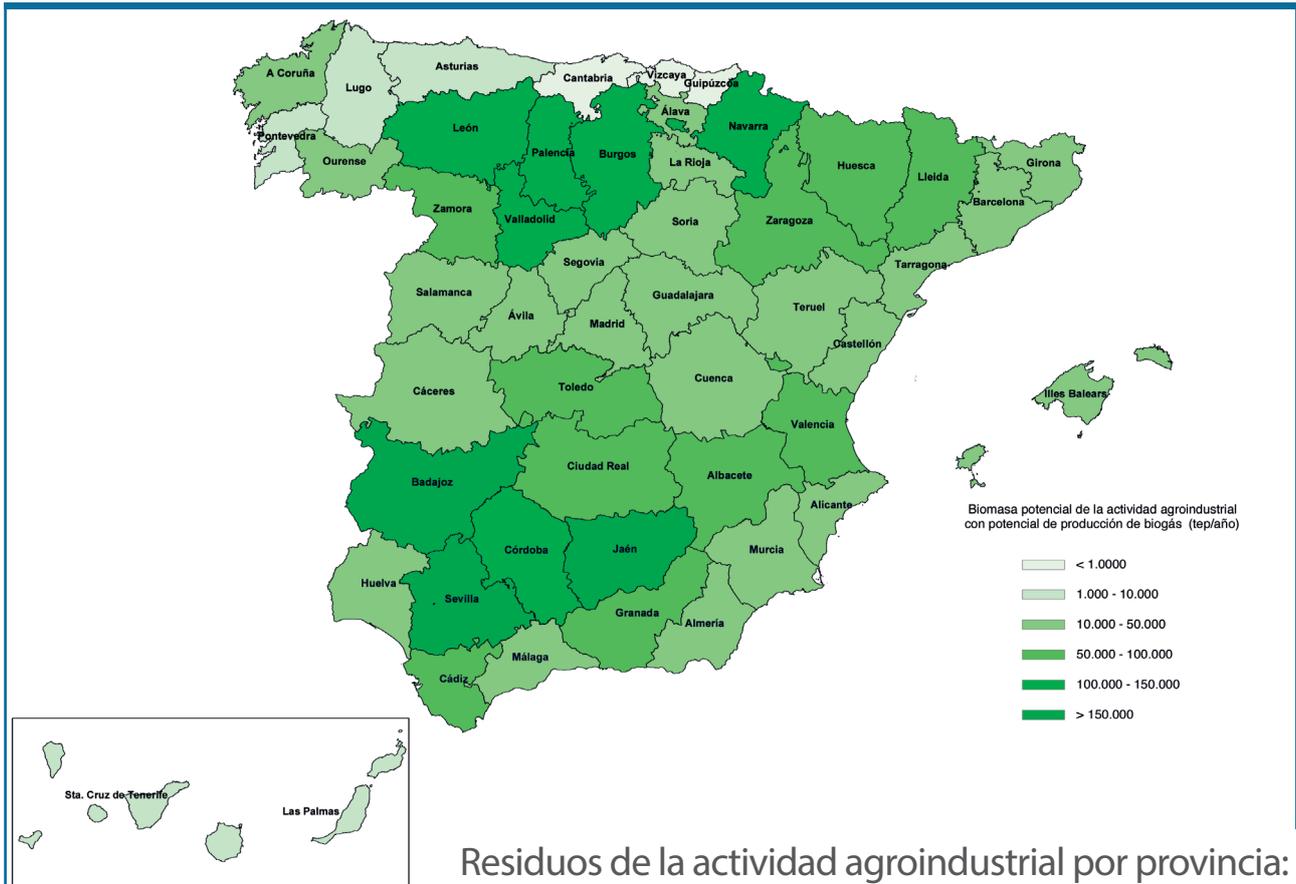
Fuente: Agencia para el Aceite de Oliva (Campaña 2010/11) y Proyecto BIORAISE.

Comunidad Autónoma	Producción cáscara de almendra (t/año)	Potencial energético cáscara de almendra (tep/año)	Producción cáscara de piñón (t/año)	Potencial energético cáscara de piñón (tep/año)
Andalucía	16.351	7.031	3.048	1.311
Aragón	16.547	7.115	4	2
Canarias	77	33	0	0
Cantabria	0	0	0	0
Castilla-La Mancha	8.832	3.798	4	2
Castilla y León	119	51	1.644	707
Cataluña	8.556	3.679	435	187
Comunidad de Madrid	83	36	25	11
Comunidad Foral de Navarra	691	297	0	0
Comunitat Valenciana	23.410	10.066	0	0
Extremadura	604	260	0	0
Galicia	0	0	0	0
Illes Balears	1.673	719	0	0
La Rioja	1.441	620	0	0
País Vasco	21	9	0	0
Principado de Asturias	0	0	0	0
Región de Murcia	13.619	5.856	0	0
Total España	92.024	39.570	5.160	2.219

Nota: Las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla no tienen datos disponibles.

Producción total estimada de residuos de industrias procesadoras de frutos secos con valorización energética directa.

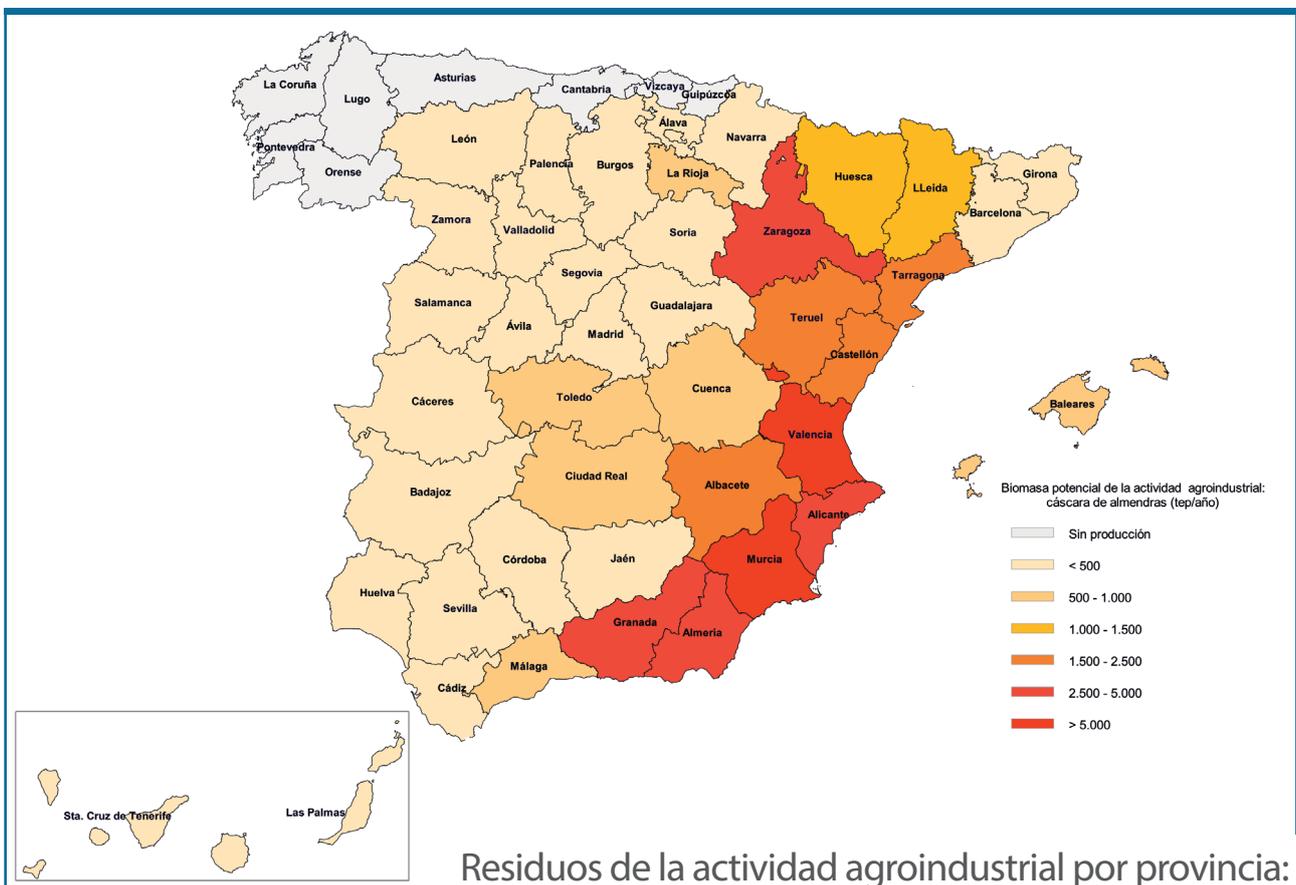
Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria 2010 y Estadística Forestal Nacional de 2006.





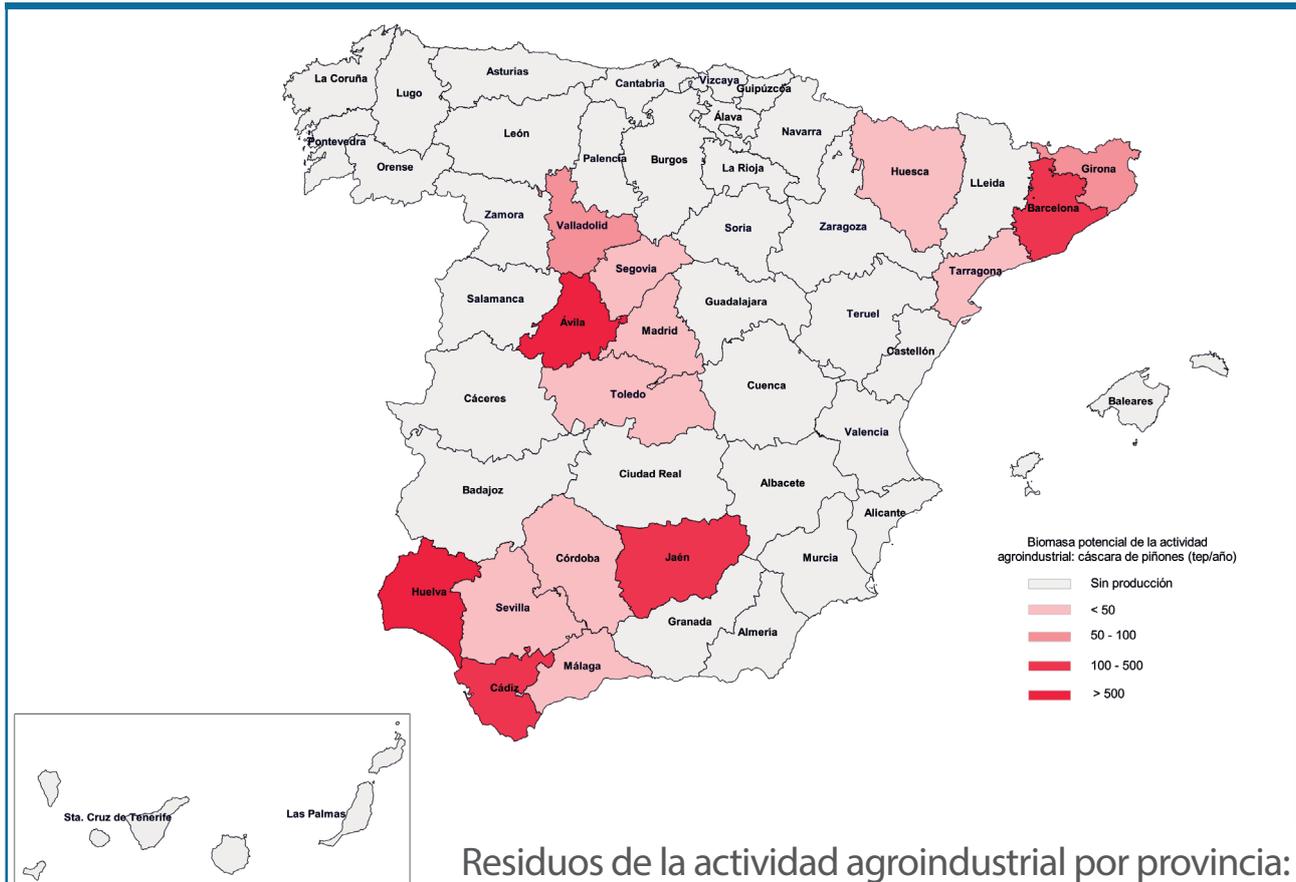
Residuos de la actividad agroindustrial por provincia: orujillo

Fuente: Elaboración propia a partir de Agencia para el Aceite de Oliva (Campaña 2010-2011).



Residuos de la actividad agroindustrial por provincia: cáscara de almendras

Fuente: Elaboración propia a partir de Agencia para el Aceite de Oliva (Campaña 2010-2011).



Residuos de la actividad agroindustrial por provincia: cáscara de piñones

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2006.

6.4. - RESIDUOS INDUSTRIALES DE APROVECHAMIENTO FORESTAL

Éstos son los residuos producidos en las industrias forestales de primera (aserradero, producción de chapa, tableros contrachapados, tableros de partículas, tableros de fibras, tableros alistonados, y fabricación de pasta de papel) y segunda transformación de la madera (sector del mueble, puertas y carpinterías).

Dichos residuos son muy numerosos y variados, y en muchos casos las mismas empresas no cuantifican sus residuos. Es por ello que los datos de producción de estos residuos que se recogen en la tabla adjunta, son los procedentes de la información publicada en el Proyecto BIORAISE, los cuales se agrupan de la siguiente forma:

- Subproductos de madera no tratados químicamente.
- Cortezas.
- Otros subproductos.

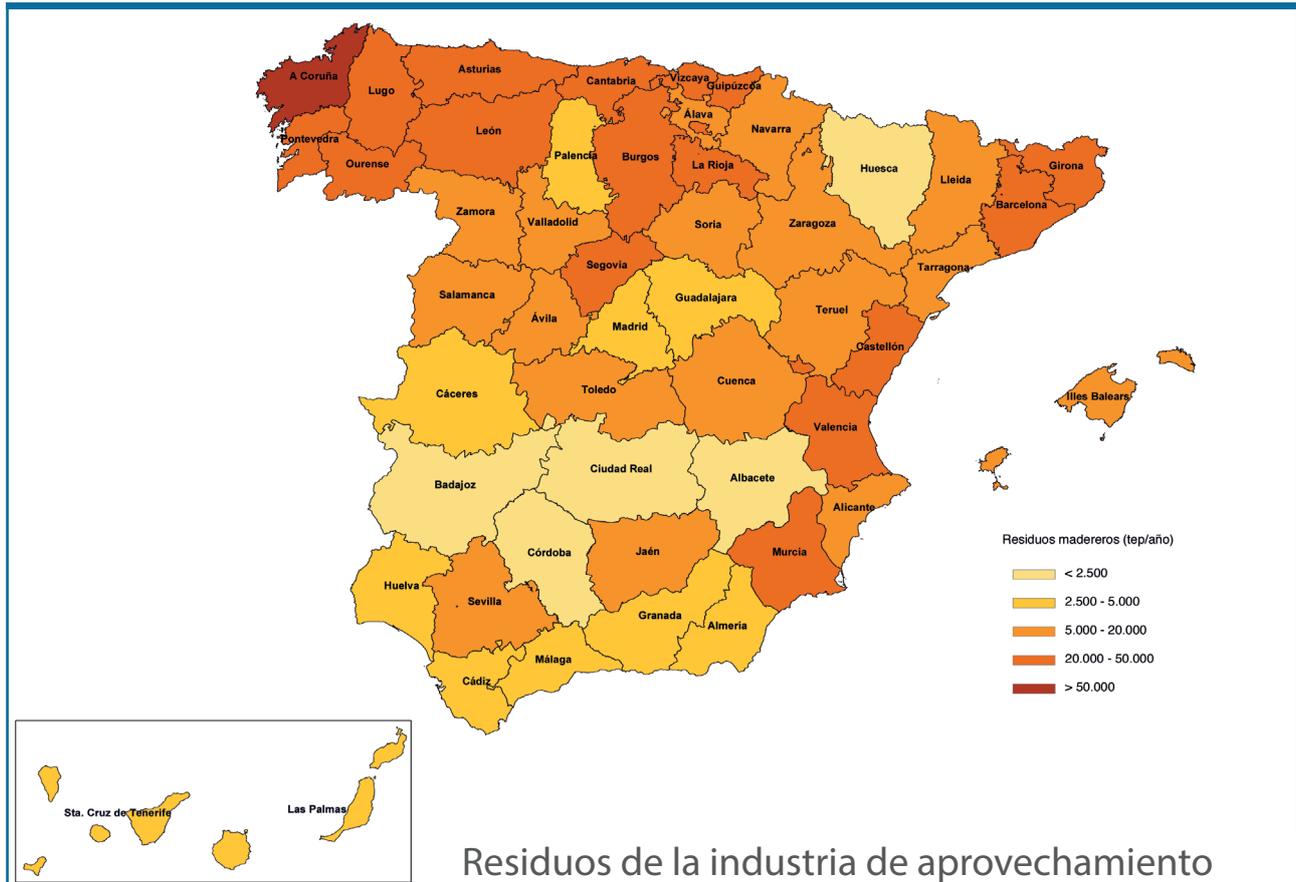
A continuación, se presenta la producción y potencial energético de dichos residuos madereros por comunidades autónomas y agrupados todos ellos.

Comunidades Autónomas	Producción disponible (t/año)	Potencial energético (tep/año)
Andalucía	78.615	35.250
Aragón	44.881	20.168
Canarias	12.255	5.495
Cantabria	54.861	24.690
Castilla-La Mancha	67.687	30.337
Castilla y León	288.996	130.066
Cataluña	198.938	89.397
Comunidad de Madrid	33.116	4.877
Comunidad Foral de Navarra	40.049	18.000
Comunitat Valenciana	119.044	53.412
Extremadura	12.410	5.573
Galicia	362.984	163.355
Illes Balears	28.065	12.606
La Rioja	45.438	20.451
País Vasco	176.125	79.242
Principado de Asturias	57.775	25.995
Región de Murcia	85.800	38.601
Total España	1.707.040	757.517

Nota: Las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla no tienen datos disponibles.

Producción total estimada de residuos de industrias madereras con valorización energética directa.

Fuente: Proyecto BIORAISE.



Residuos de la industria de aprovechamiento forestal por provincia

Fuente: Elaboración propia a partir de Proyecto BIORAISE, 2012.

6.5.- RESIDUOS GANADEROS

Se van a considerar residuos de la actividad ganadera los excrementos o deyecciones producidos por los animales, especialmente de la ganadería intensiva. Éstos reúnen una serie de condiciones que los convierten en interesantes para ser valorizados energéticamente.

Por deyecciones se entienden los excrementos y residuos excretados por el ganado, solos o mezclados, aunque se hayan transformado. Normalmente, se distinguen diferentes tipos de deyecciones ganaderas en función del tipo de ganado (estiércol, purines, gallinaza, etc.); no obstante, las características de las deyecciones dependen de multitud de factores como la alimentación del ganado, el estado fisiológico de los animales, el tipo de abrevadero, las prácticas de limpieza, etc.

Desde siempre, las deyecciones ganaderas se han utilizado, como abono de gran valor para la tierra, por aportar nutrientes a los cultivos y mantener un suelo esponjoso y rico con capacidad para retener agua y evitar su pérdida por erosión. En la actualidad, gran parte de la producción de este residuo se destina a este uso. Sin embargo, el cambio de una agricultura y ganadería de supervivencia, a una agricultura productiva con nuevas y mayores necesidades de fertilizantes, ha originado que la utilización del estiércol como abono ya no sea tan frecuente. Si se añade a esto que es un residuo muy rico en nitrógeno, y que la legislación actual únicamente permite entre 170 y 210 kg de éste elemento por hectárea y año, en muchas ocasiones se convierte en un problema para el ganadero que llega a tener dificultades para deshacerse de este residuo. En este nuevo

contexto, la valorización energética de los excrementos ganaderos ha pasado a ser una posibilidad interesante.

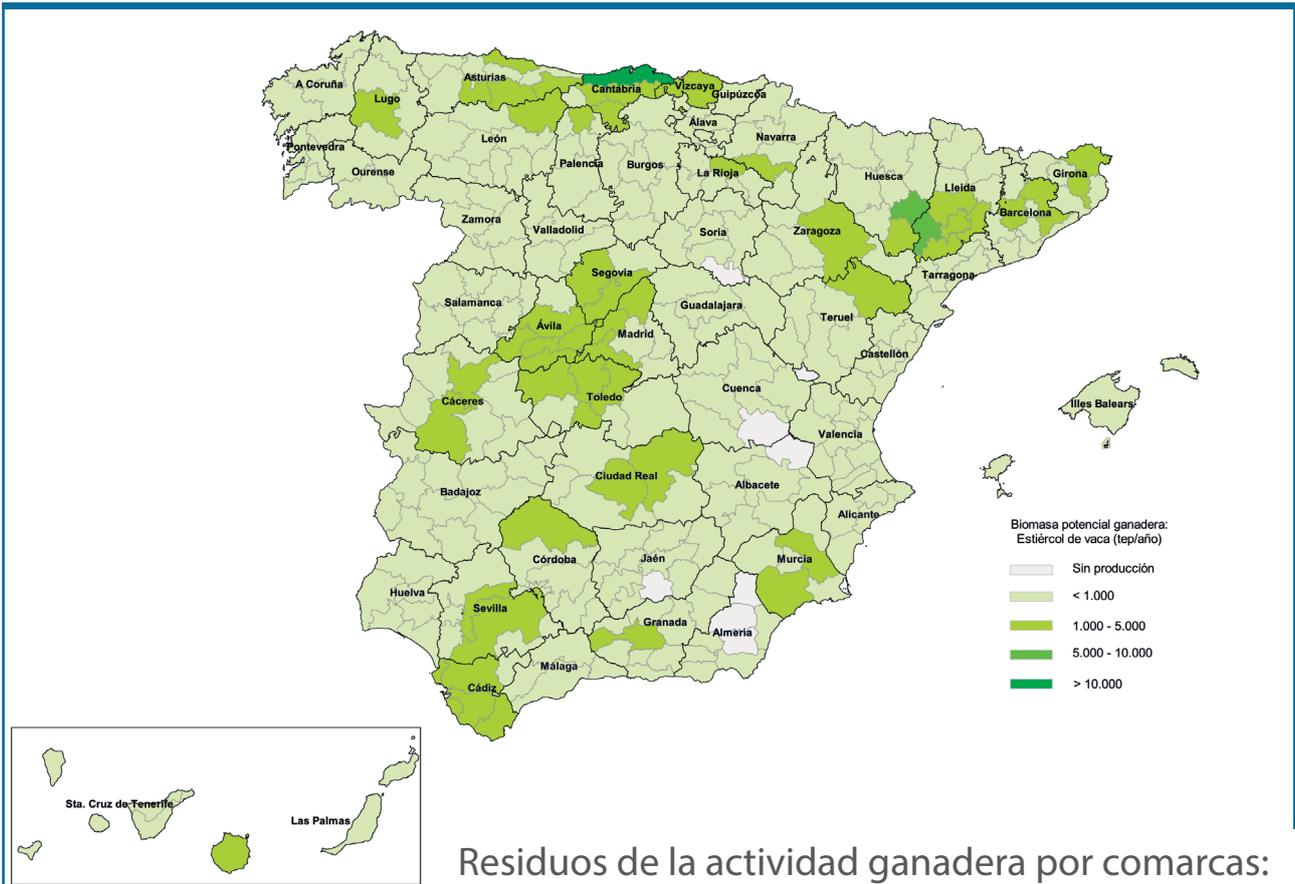
Entre los posibles aprovechamientos energéticos que pueden otorgarse a estos residuos destaca la generación de biogás. De esta forma, los residuos ricos en materia orgánica y elevada humedad pueden degradarse mediante procesos de digestión anaerobia, generando este gas rico en metano (mezcla de 60% de CH_4 y 40% de CO_2 con trazas de hidrógeno) que puede aprovecharse para usos térmicos y/o eléctricos.

Otro posible uso sería su empleo para obtener energía térmica directamente mediante la combustión de los mismos. Sin embargo, para ello se hace necesario un acondicionamiento previo de los excrementos debido al elevado porcentaje de agua que contienen (especialmente los purines de los cerdos). Esto implica llevar a cabo tratamientos de secado que, evidentemente, requieren de un aporte energético adicional, disminuyendo la eficiencia del proceso.

Entre los distintos tipos de ganadería existentes en el ámbito de estudio, han sido consideradas las intensivas, (los animales se alojan en las mismas instalaciones donde se les suministra una alimentación fundamentalmente a base de pienso compuesto, incluida la explotación al aire libre denominadas sistema camping o cabañas". Esto es debido a que en este tipo de instalaciones es donde se pueden recoger con facilidad los excrementos generados por la cabaña ganadera, lo que es difícil y menos viable de llevar a cabo en explotaciones ganaderas extensivas.

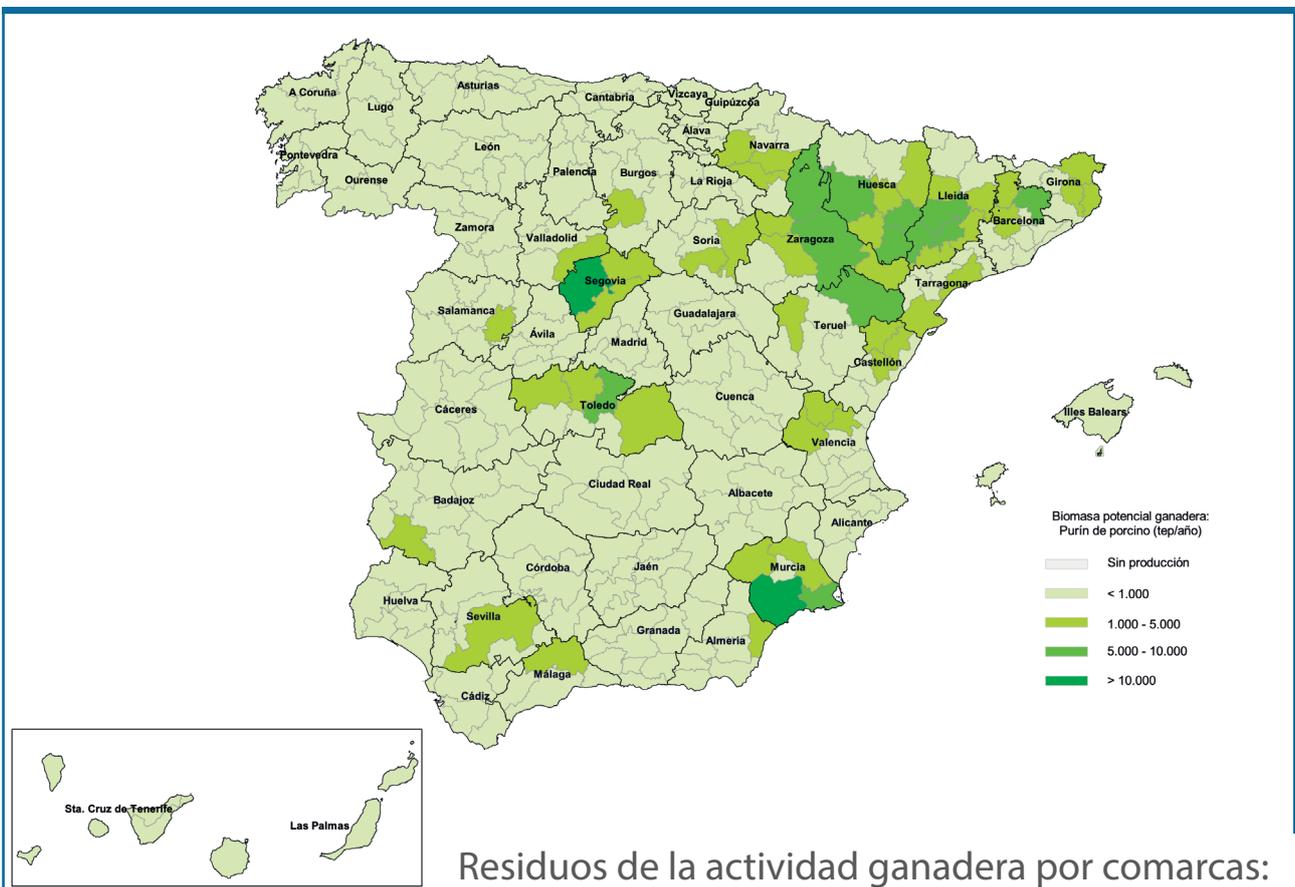
Dentro de la ganadería intensiva, han sido consideradas las cabañas de ganado avícola, porcino y bovino, de forma independientes, y de forma conjunta las de ganado ovino, caprino y equino.

Tras aplicar la metodología de producción de esta biomasa residual, la cual se recoge en el Apartado denominado "Metodologías aplicadas para la producción de biomasa", se han obtenido los resultados que se recogen en los siguientes mapas.



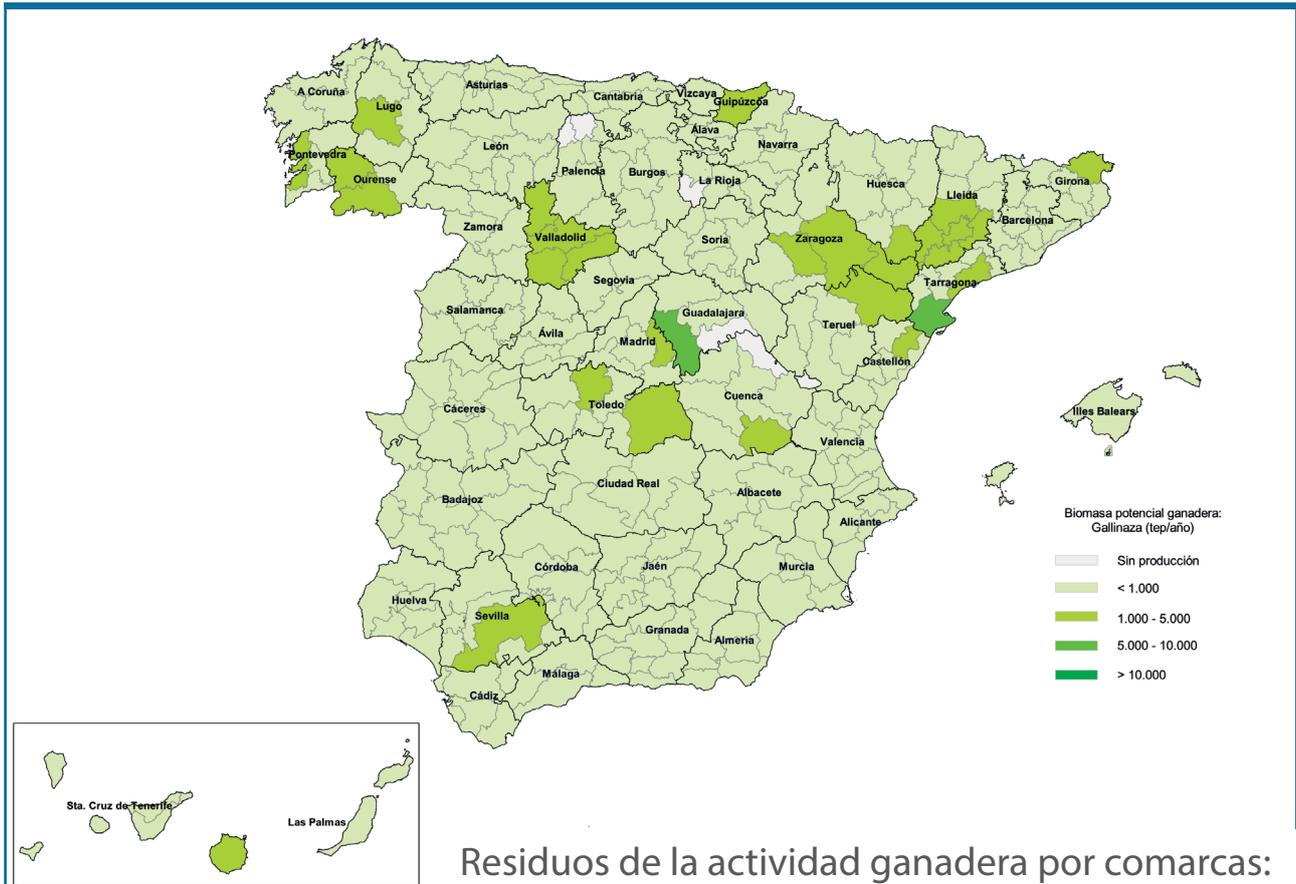
Residuos de la actividad ganadera por comarcas: estiércol de vaca

Fuente: *Elaboración propia a partir de Proyecto Probiogás, 2009.*



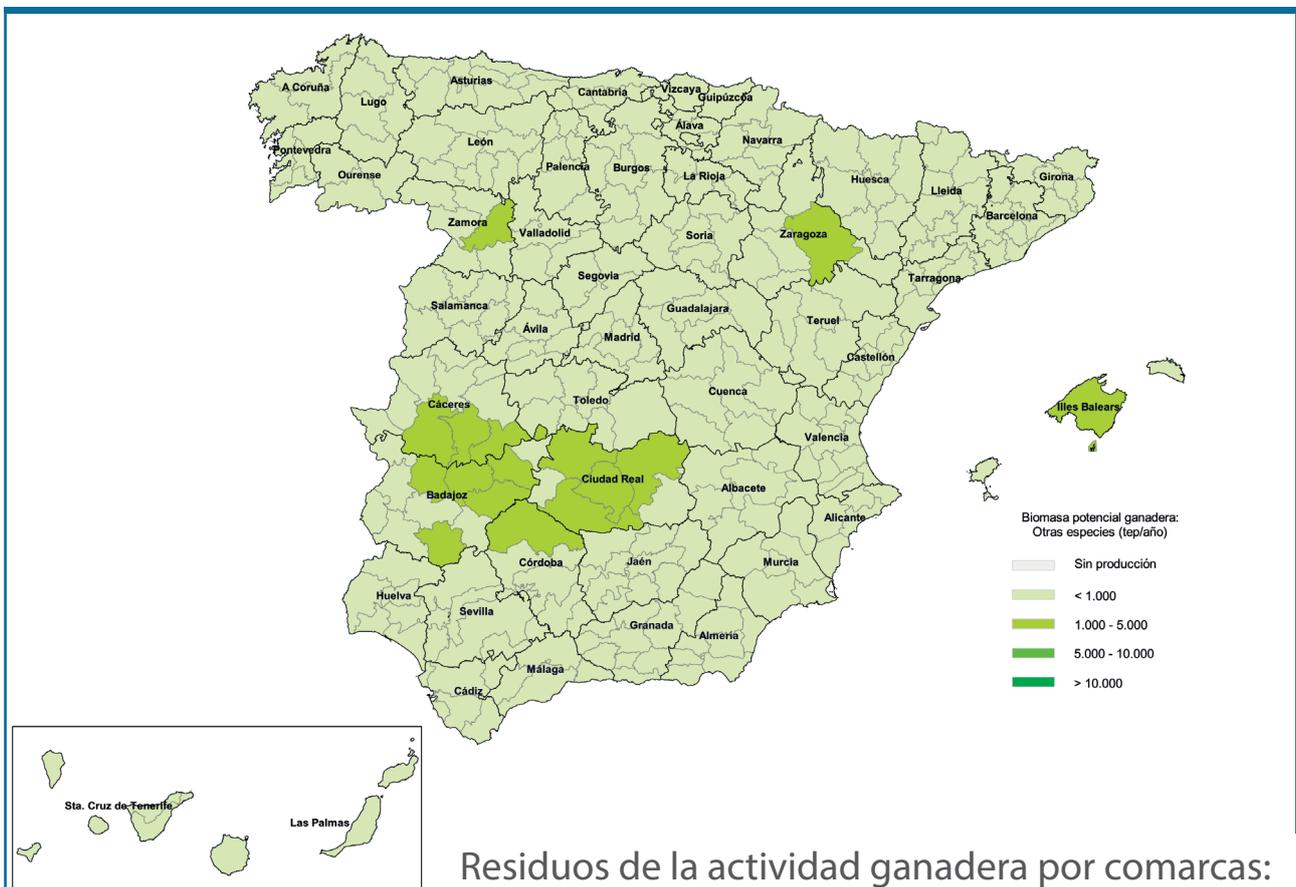
Residuos de la actividad ganadera por comarcas: purín de cerdo

Fuente: *Elaboración propia a partir de Proyecto Probiogás, 2009.*



Residuos de la actividad ganadera por comarcas: gallinaza

Fuente: Elaboración propia a partir de Proyecto Probiogás, 2009.



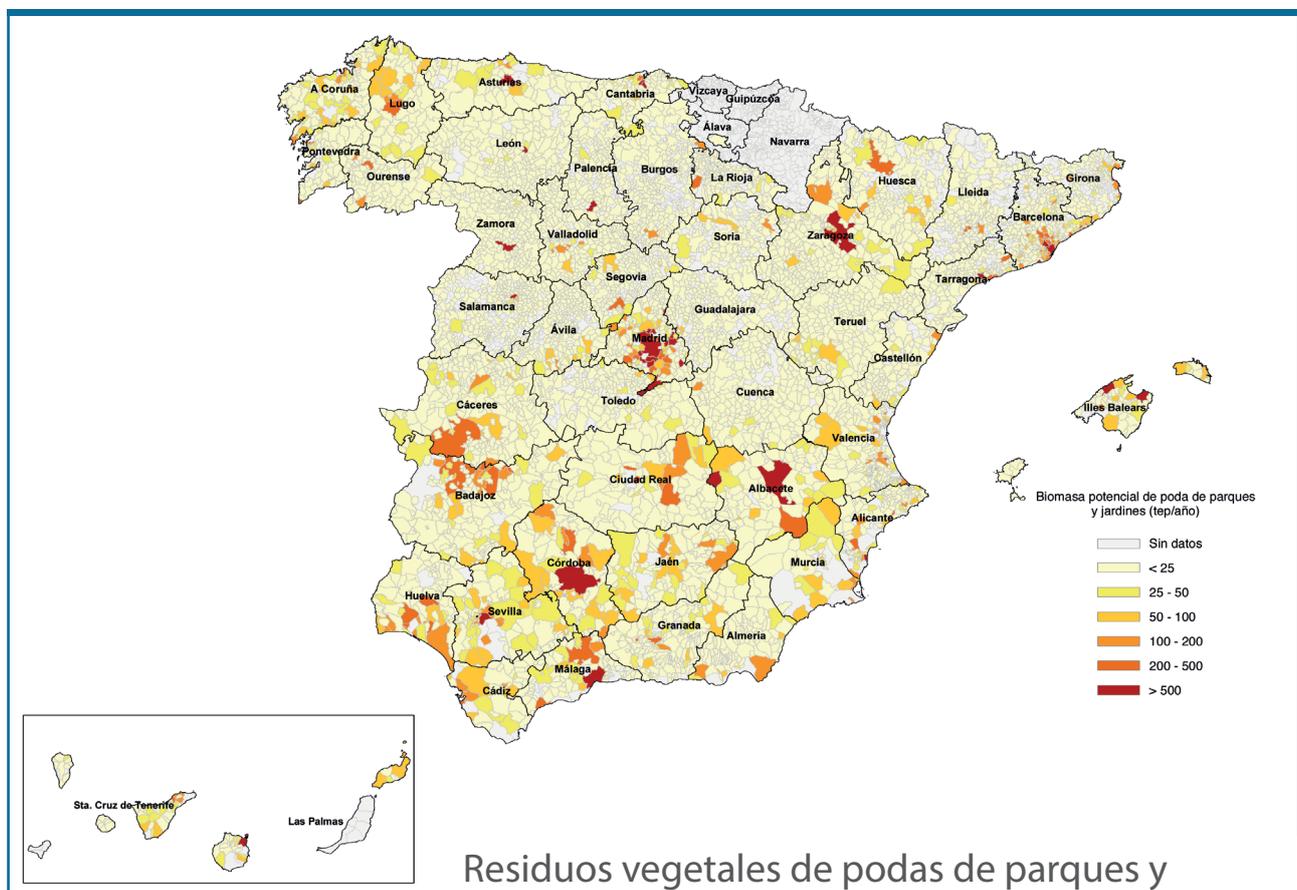
Residuos de la actividad ganadera por comarcas: otras especies

Fuente: Elaboración propia a partir de Proyecto Probiogás, 2009.

6.6.- RESIDUOS VEGETALES DE PARQUES Y JARDINES

Como se comentó en el apartado 4.1.6, este tipo de biomasa residual posee un importante potencial para su aprovechamiento como combustible a escala local. La metodología (expuesta en el apartado 3.2.6) seguida para la obtención de la producción potencial de este tipo de residuo vegetal, toma como base de partida, en primer lugar, los datos de superficie de parques y jardines municipales (de diversas fuentes, pero especialmente la EIEL), y en segundo lugar los ratios para calcular la producción de poda a partir de los datos de superficie anteriores.

Tras la aplicación de la metodología de estimación de producción de este tipo de biomasa residual y de su potencial energético correspondiente, se han obtenido los resultados que se presentan en el siguiente mapa.



Residuos vegetales de podas de parques y jardines por municipio

Fuente: Elaboración propia a partir de EIEL, Corporaciones Locales y Entidades Regionales.

6.7.- LODOS DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

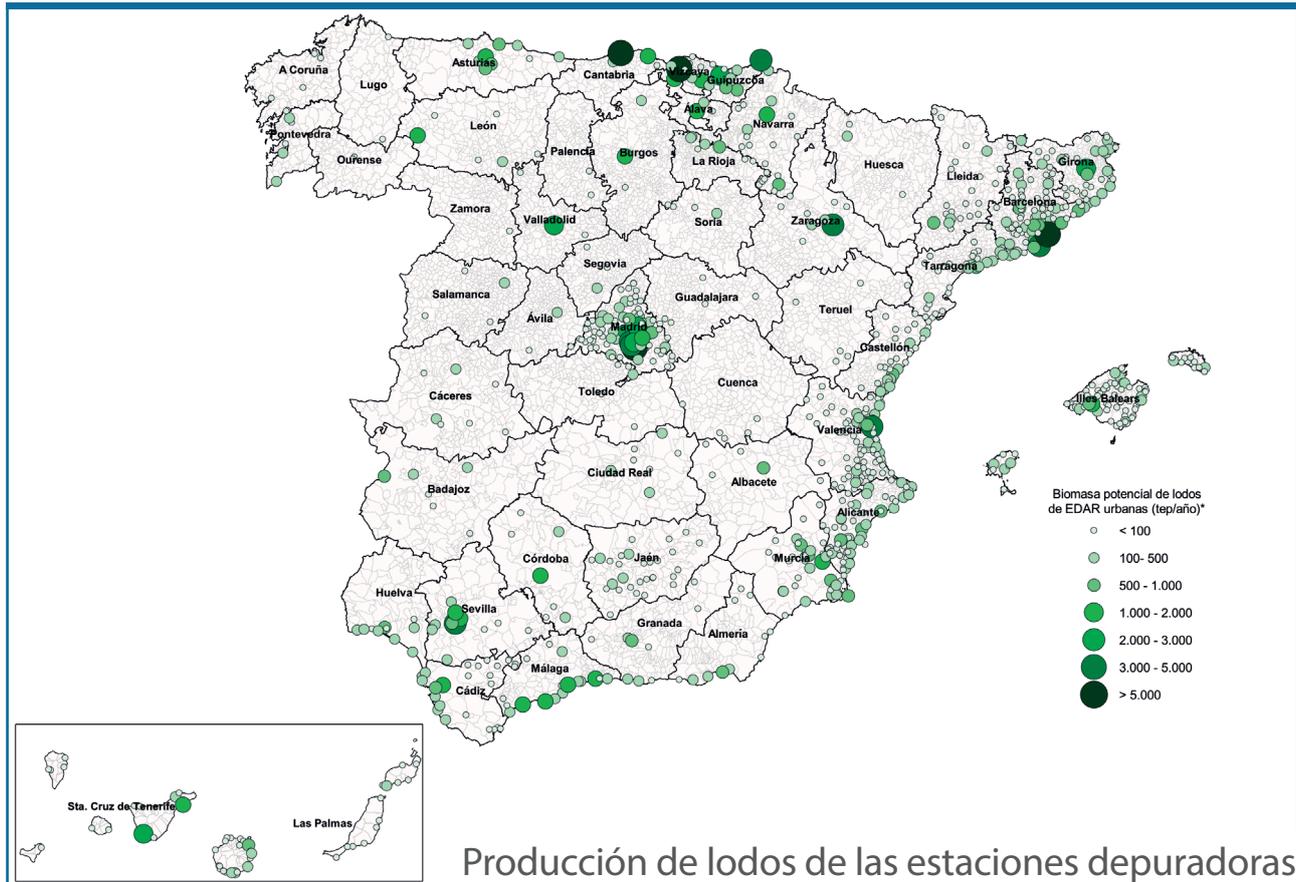
El IDAE, en su estudio "Situación y potencial de generación de biogás" (2011), estima que la producción de lodos de plantas depuradoras de aguas residuales urbanas en España es de aproximadamente 1,2 millones de toneladas al año. Este mismo estudio considera que únicamente el 75% de los lodos son potencialmente utilizables (sólo es accesible aquel que puede ser objeto de gestión y tratamiento mediante digestión anaerobia), por lo que la estimación del potencial energético de dichos lodos suma un total de 164,4 ktep/año.

	Producción (t/año)	Lodos potencialmente utilizables (t/año)	Producción potencial máxima de CH ₄ (m ³ /año)	Potencial energético (tep/año)
Andalucía	94.129	81.092	17.029.215	14.600
Aragón	31.309	20.610	4.327.995	3.700
Canarias	15.240	6.744	1.416.240	1.200
Cantabria	7.733	3.974	834.540	700
Castilla-La Mancha	42.482	34.003	7.140.525	6.100
Castilla y León	46.346	42.296	8.882.055	7.600
Cataluña	310.025	193.286	40.589.955	34.900
Comunidad de Madrid	261.357	189.872	39.873.120	34.300
Comunidad Foral de Navarra	9.886	9.547	2.004.870	1.700
Comunitat Valenciana	242.826	212.907	44.710.470	38.500
Extremadura	9.430	7.772	1.632.120	1.400
Galicia	41.116	30.696	6.446.055	5.500
Illes Balears	55.705	53.287	11.190.270	9.600
La Rioja	7.018	6.998	1.469.475	1.300
País Vasco	24.391	13.056	2.741.760	2.400
Principado de Asturias	2.229	1.809	379.785	300
Región de Murcia	2.731	1.867	392.070	300
Ceuta y Melilla	1.460	730	153.300	100
Total	1.205.413	910.542	191.213.820	164.400

Estimación del potencial total de producción de energía primaria de biogás de lodos de plantas depuradoras de aguas residuales urbanas.

Fuente: IDAE, 2011.

A continuación, y partiendo de la información proporcionada por la base de datos del Sistema de Información del Agua (SIA) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se presentan los resultados obtenidos para cada EDAR con caudal conocido.



Producción de lodos de las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

6.8.- CULTIVOS ENERGÉTICOS

Como ya fue mencionado en el apartado 4.1, "Caracterización de los distintos tipos de biomasa para su valorización energética", son considerados cultivos energéticos aquellos que están dedicados exclusivamente a la producción de energía, siendo especialmente relevantes como biocombustibles que derivan de éstos, aunque no los únicos, los biocarburantes. Es por ello que conocer los problemas que actualmente vive el sector de los biocarburantes, como el hecho de que muchas plantas de biodiésel estén paradas y otras funcionen por debajo de su capacidad (ver más detalles sobre esta cuestión en el apartado 4.3.7 "Biocarburantes"), es clave para entender la evolución futura de la producción de cultivos energéticos. Por otra parte, hay que tener en cuenta que dentro del elenco de cultivos energéticos existentes, los rendimientos son muy distintos según el objetivo perseguido, lo que influye claramente en su viabilidad (ver ejemplos de rendimiento de distintos cultivos energéticos para la producción de biocarburantes en los apartados 4.3.7.1 y 4.3.7.2).

Según datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2010), la superficie de cultivos energéticos por la que se han solicitado ayudas en España en el año 2009 ha sido de 36.676,71 Ha, habiéndose determinado el cumplimiento de las condiciones de pago en 35.591,32. Esto supone un fuerte incremento respecto de la solicitada en 2008, casi nula dada la situación de elevados precios que mantuvieron los cereales dicho año.

Desde que se instauró el régimen de ayudas a los cultivos energéticos en 2004, las superficies dedicadas a cultivos con destino a la elaboración de biocarburantes ascendieron exponencialmente durante 2005 y 2006, para ralentizarse en 2007 y caer en picado en 2008.

Comunidad Autónoma	Superficie (hectáreas)											Total
	Oleaginosas		Cereales						Otros			
	Colza	Girasol	Trigo	Cebada	Avena	Centeno	Triticale	Sorgo	Cártamo	Sin especificar		
Andalucía										798,46		798,46
Aragón	257,33	17,56		24,82						97,06		396,77
Cantabria	75,84											75,84
Castilla-La Mancha	1.275,31	8.007,06	9,50	15,00						133,56	28,00	9.468,43
Castilla y León	5.319,51	14.685,46			15,68	37,72	13,00			816,76	138,50	21.026,63
Cataluña	1.483,50											1.483,50
Comunidad de Madrid	4,80											4,80
Comunidad Foral de Navarra	461,64				245,41	1,70	85,93				20,04	814,72
Comunitat Valenciana										114,47		114,47
Extremadura	941,12				44,04		62,41	5,00				1.052,57
La Rioja	11,15									27,92		39,07
País Vasco	73,12	242,94										316,06
Región de Murcia												0
Total	9.903,32	22.953,02	9,50	39,82	305,13	39,42	161,34	5,00	1.075,30	912,93	186,54	35.591,32

*En Castilla-La Mancha cardo. En Castilla y León 55,08 de veza, 43,70 de chopo, 33,48 guisante, 1,74 Pawlonia y 4,50 otros. En Navarra 13,80 guisantes, 4,17 veza y 2,07 otras leguminosas.

Superficies determinadas para la ayuda a los cultivos energéticos por Comunidades Autónomas en 2009.

Fuente: Fondo Español de Garantía Agraria-Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2010.

La biomasa potencial disponible de masas a implantar en terrenos forestales y agrícolas, atendiendo a los resultados obtenidos en un reciente estudio realizado por el IDAE (2011), es de cerca de 40 millones de toneladas, de los que aproximadamente 15 millones correspondieron a masas leñosas a implantar en terrenos forestales, y el resto, unos 24,3 millones de toneladas, masas herbáceas y leñosas en terrenos agrícolas. Esto supone, en términos energéticos, unos 1,7 millones de tep/año.

Comunidad Autónoma	Masas herbáceas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno forestal
Andalucía	2.961.107	1.127.133	1.231.669
Aragón	1.881.502	814.641	85.865
Canarias	485	397	8.863
Cantabria	4.891	6.194	472.133
Castilla-La Mancha	3.831.473	1.233.273	203.519
Castilla y León	5.614.995	1.327.990	1.496.793
Cataluña	758.939	532.713	143.838
Comunidad de Madrid	233.813	91.735	81.644
Comunidad Foral de Navarra	570.252	186.539	189.129
Comunitat Valenciana	77.440	71.104	104.654
Extremadura	1.075.765	880.174	1.433.327
Galicia	8.169	149.132	7.931.615
Illes Balears	294.303	47.555	8.025
La Rioja	146.657	48.874	17.315
País Vasco	135.909	28.524	275.165
Principado de Asturias	0	0	1.384.360
Región de Murcia	142.168	52.882	4.407
Total	17.737.868	6.598.861	15.072.320

Biomasa potencial disponible de masas a implantar en terrenos forestales y agrícolas (t/año).

Fuente: IDAE, 2011.

Comunidad Autónoma	Masas herbáceas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno forestal
Andalucía	604.133	247.823	142.770
Aragón	376.532	180.848	10.409
Canarias	99	92	2.019
Cantabria	998	1.377	56.926
Castilla-La Mancha	779.895	276.942	24.636
Castilla y León	1.133.035	300.575	182.508
Cataluña	152.631	117.181	17.583
Comunidad de Madrid	47.179	20.463	9.975
Comunidad Foral de Navarra	115.411	41.059	22.799
Comunitat Valenciana	15.800	15.823	12.667
Extremadura	219.480	193.935	172.143
Galicia	1.666	33.069	920.252
Illes Balears	60.044	10.219	967

Biomasa potencial disponible de masas a implantar en terrenos forestales y agrícolas (tep/año).

Fuente: IDAE, 2011.

Comunidad Autónoma	Masas herbáceas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno forestal
La Rioja	29.516	10.805	2.087
País Vasco	27.722	6.386	33.029
Principado de Asturias	0	0	171.164
Región de Murcia	29.006	11.576	531
Total	3.593.148	1.468.173	1.782.467

Biomasa potencial disponible de masas a implantar en terrenos forestales y agrícolas (tep/año).

Fuente: IDAE, 2011.

7.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN DE PELLET

El pellet es un biocombustible de gran interés para su aprovechamiento energético a escala local, debido a las numerosas ventajas que posee y a la diversidad de biomásas de las cuales pueden producirse (forestal, cultivos agrícolas leñosos, etc.).

Si se toma el ejemplo del estudio económico de una planta de pelletizado, publicado por el área de medioambiente del Cabildo de Tenerife en mayo de 2010, y planteado como idea de negocio dentro del Banco de Ideas de Negocios Ambientales Sostenibles (BINAS); se puede concluir que este tipo de instalaciones es rentable. Para desarrollar esta iniciativa se considera necesario:

- Una inversión inicial de 17.671,65 €.
- Adquisición del terreno para la planta: 1.000.000,00 €.
- Materia prima, constituida por residuos leñosos forestales, con un coste de 15 €/t. Merma de la materia prima del 5%.
- Producción anual: 2.100 t/año de pellet.
- El precio de venta se ha fijado en 0'15€/kg (precio a granel)
- Personal previsto para funcionamiento de la planta: 4 personas (1 gerente, un responsable de mantenimiento y dos operarios de la planta).

La inversión estimada para un proyecto de estas características no debe superar los 20.000 €, y el 91% de la inversión está compuesto principalmente por el transporte (vehículo necesario para el desarrollo de la actividad).

Es posible estimar una alta rentabilidad de este proyecto, ya que mediante el cálculo del VAN (Valor Actual Neto), se ha comprobado que la inversión inicial puede recuperarse en los dos primeros años, con unos beneficios esperados actualizados de 7.091,64€ en el tercer año.

- Desembolso inicial: - 17.671,65 €

- ▶ Flujo de caja 1: 9.844,53 €
- ▶ Flujo de caja 2: 9.935,44 €
- ▶ Flujo de caja 3: 10.119,08 €
- ▶ k: 10%
- ▶ VAN: 7.091,64 €
- ▶ TIR: 31,54%

Uno de los requisitos para la factibilidad de este proyecto es que la TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) sea mayor que k (Coste de oportunidad del capital), lo que supondría que dicho proyecto tenga una rentabilidad superior a la requerida, del 31,54% > 10% (el requisito se cumple).

A lo largo del año 2010, la Deuda Pública ha ofrecido una rentabilidad aproximadamente de entre el 1% y el 4%, por lo tanto, es más rentable invertir en este proyecto que adquirir una inversión de renta fija de estas características.

Por todo lo anterior, la existencia de una planta de producción de pellet en un determinado municipio es rentable, y facilitará la disponibilidad y el acceso a este tipo de biocombustible, abaratando los costes de transporte del mismo a los usuarios interesados. Es por ello que aquellas localidades próximas a una planta de pellet podrán obtener dicho biocombustible más económico por la fácil trazabilidad en su transporte.

En la siguiente tabla se recogen las plantas de producción de pellet que existen en España, al igual que su distribución geográfica y la capacidad de producción de dicho biocombustible para la que están diseñadas.

Comunidades Autónomas	Provincia	Municipio	Capacidad producción pellet (t/año)
	Córdoba	Córdoba	15.000
		Lucena	10.000
		Villa del Río	7.000
	Granada	Moclín	20.000
		Cazorla	30.000
	Jaén	Jabalquinto	9.800
		Mancha Real	35.000
Asturias	Asturias	Oviedo	30.000
Canarias	Las Palmas de Gran Canarias	Las Palmas de Gran Canarias	10.000
Cantabria	Cantabria	Piélagos	4.000

Plantas de producción de pellet existentes en España.

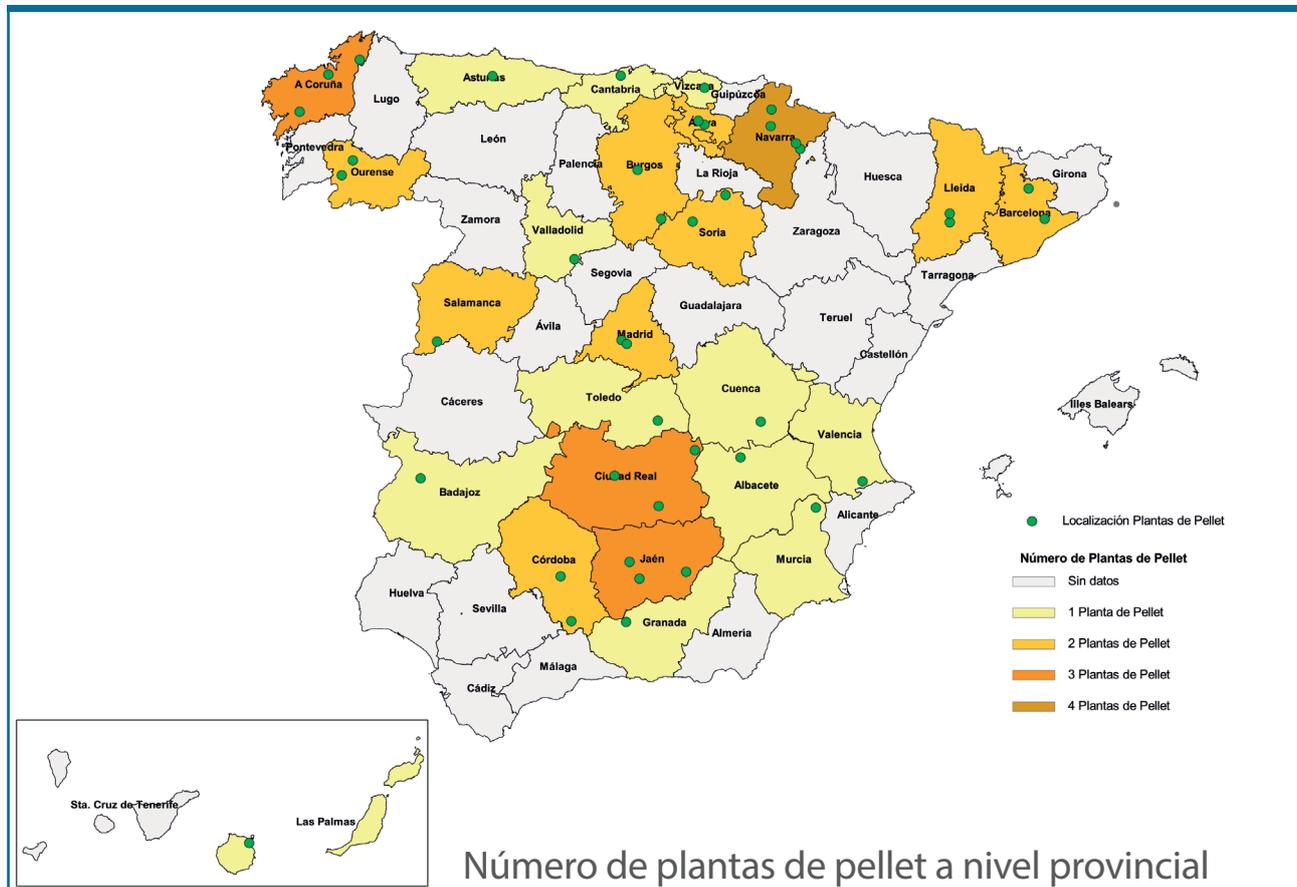
Fuente: Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), 2012, y Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), 2011.

Comunidades Autónomas	Provincia	Municipio	Capacidad producción pellet (t/año)
Castilla-La Mancha	Albacete	La Roda	32.000
	Cuenca	Motilla del Palancar	500
	Ciudad Real	Ciudad Real	20.000
		Socuéllamos	15.000
		Torrenueva	3.000
	Toledo	Villacañas	40.000
Castilla y León	Burgos	Burgos	15.000
		Huerta del Rey	40.000
	Salamanca	El Sahugo	30.000
	Soria	Cabrejas del Pinar	35.000
	Valladolid	Pedrajas de San Esteban	1.000
	Cataluña	Barcelona	La Garriga
San Martí d'Albars			9.000
Lleida		Linyola	- 40.000
Comunidad de Madrid	Madrid	Majadahonda	46.000
		Pozuelo de Alarcón	14.000
Comunidad Foral de Navarra	Navarra	Orkoiren	15.000
		Sangüesa	30.000
			24.000
		Ultzama	600
Comunitat Valenciana	Valencia	Montaverner	3.000
Extremadura	Badajoz	Valdelacalzada	20.000
Galicia	A Coruña	As Pontes	60.000
		Brión	25.000
		Cambre	10.000
	Ourense	Ourense	20.000
		Ramiras	14.000
		-	-
País Vasco	Álava	Victoria	15.000
		-	-
	Vizcaya	Muxica	25.000
Región de Murcia	Murcia	Yecla	3.000

Plantas de producción de pellet existentes en España.

Fuente: Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), 2012, y Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), 2011.

A continuación, se adjuntan un mapa en el que se representa, por una parte el número de plantas de pellet a nivel provincial, y por otro, la localización exacta de dichas plantas. Se puede observar que existen muchas provincias en España que no poseen ninguna fábrica de pellet en la actualidad, a pesar de que en algunos casos la producción potencial de biomasa para ello es muy elevada.



Fuente: Elaboración propia a partir de CENER 2012, APPA 2011.

8.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS PLANTAS DE BIOMASA

Según las fuentes consultadas del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) y la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), en España existen más de 50 plantas de biomasa en funcionamiento, ya sean de cogeneración o de generación de energía eléctrica.

La ubicación elegida para cada una de ellas depende de una serie de características existentes en dichos lugares, entre los que destacan la accesibilidad a la misma y la disponibilidad de biomasa. Es por ello que en el entorno de cada una de estas plantas debe existir una red de empresas que den servicio a éstas, para así asegurar su funcionamiento durante todo el año.

Por estos motivos, es interesante conocer la localización de estas plantas de cara a estudiar la posibilidad y cabida de implantar futuras instalaciones de aprovechamiento energético de biomasa a nivel local, siempre y cuando haya biomasa disponible para nuevas instalaciones.

En la tabla siguiente se recogen las plantas de biomasa que existen en España, al igual que su distribución geográfica, la capacidad de producción de energía eléctrica para la que están diseñadas, y el tipo de planta que es (cogeneración o generación de electricidad).

Comunidades Autónomas	Provincia	Municipio	Capacidad producción energía eléctrica (MWe)	Tipo de planta	
Andalucía	Almería	Níjar	1,8	n.d.	
	Córdoba	Baena		20,0	n.d.
		Cabra		8,0	Cogeneración
		Cañete de las Torres		0,1	n.d.
		Lucena		5,3	n.d.
				14,2	n.d.
		Palenciana		5,4	Generación electricidad
				12,9	n.d.
				12,9	n.d.
		Puente Genil		9,8	Generación electricidad
		Villanueva de Algaidas		9,1	Generación electricidad
	Huelva	San Juan del Puerto		27,5	Cogeneración
				41,0	Cogeneración
	Jaén		Andújar	6,0	n.d.
			Linares	2,0	n.d.
				15,0	n.d.
			Villanueva del Arzobispo	16,0	n.d.
Málaga	Fuente de Piedra	8,0	n.d.		
Asturias	Asturias	Navia	40,3	Cogeneración	
			36,6	Cogeneración	
			26,0	n.d.	
			13,2	n.d.	
		Tineo	1,0	n.d.	

n.d.: no se dispone de datos.

Plantas de biomasa existentes en España.

Fuente: Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), 2012, y Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), 2011.

Comunidades Autónomas	Provincia	Municipio	Capacidad producción energía eléctrica (MWe)	Tipo de planta
Castilla-La Mancha	Cuenca	Fuentes	4,0	n.d.
	Ciudad Real	Argamasilla de Alba	2,7	n.d.
		Campo de Criptana	6,0	Generación electricidad
			6,0	n.d.
		Villarta de San Juan	16,0	n.d.
	Guadalajara	Corduente	2,0	Generación electricidad
	Toledo	Ocaña	2,0	n.d.
		Puebla de Almoradiel	2,0	Cogeneración
		Villacañas	7,8	n.d.
Castilla y León	Burgos	Briviesca	16,0	Generación electricidad
	Soria	Soria	4,0	n.d.
	Valladolid	Mojados	0,1	n.d.
Cataluña	Tarragona	Móra d'Ebre	0,8	Generación electricidad
	Barcelona	Barcelona	2,0	n.d.
Comunidad Foral de Navarra	Navarra	Sangüesa	8,0	Cogeneración
			25,0	Generación electricidad
Comunitat Valenciana	Alicante	Alqueria d'Asnar	0,3	Generación electricidad
		Pinoso	3,3	Cogeneración
	Valencia	Almássera	2,2	n.d.
		Xàtiva	1,6	n.d.
Extremadura	Badajoz	Helechosa de los Montes	1,3	n.d.
	Cáceres	Miajadas	16,0	Generación electricidad
Galicia	Ourense	Allariz	2,3	Generación electricidad
	Pontevedra	Pontevedra	34,5	Cogeneración

n.d.: no se dispone de datos.

Plantas de biomasa existentes en España.

Fuente: Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), 2012, y Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), 2011.

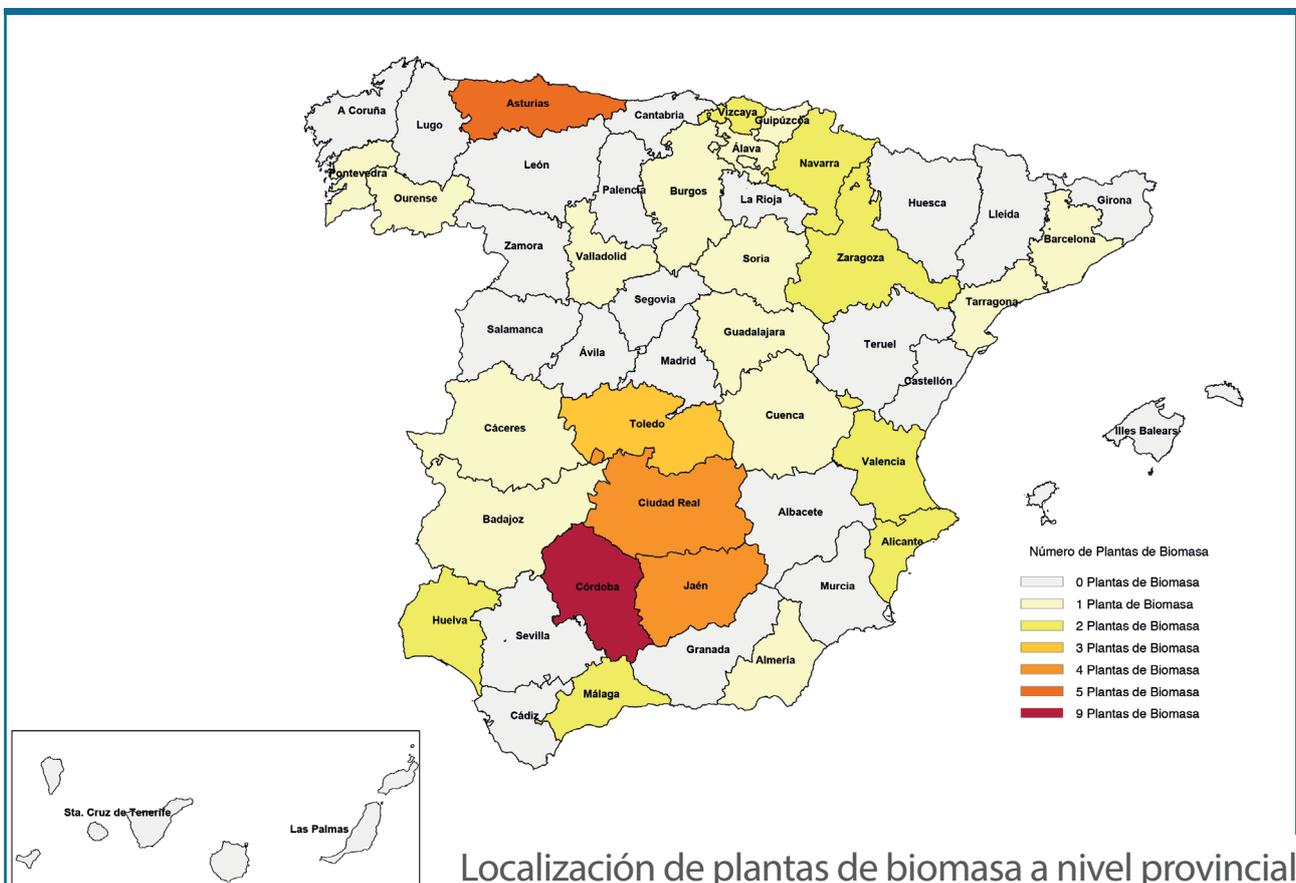
Comunidades Autónomas	Provincia	Municipio	Capacidad producción energía eléctrica (MWe)	Tipo de planta
País Vasco	Álava	Vitoria	0,7	n.d.
	Guipúzcoa	Hernani	25,0	Cogeneración
		Zalla	12,0	Cogeneración
	Vizcaya	Iurreta	14,0	Cogeneración
Aragón	Zaragoza	Zaragoza	20,8	Cogeneración
			0,6	n.d.

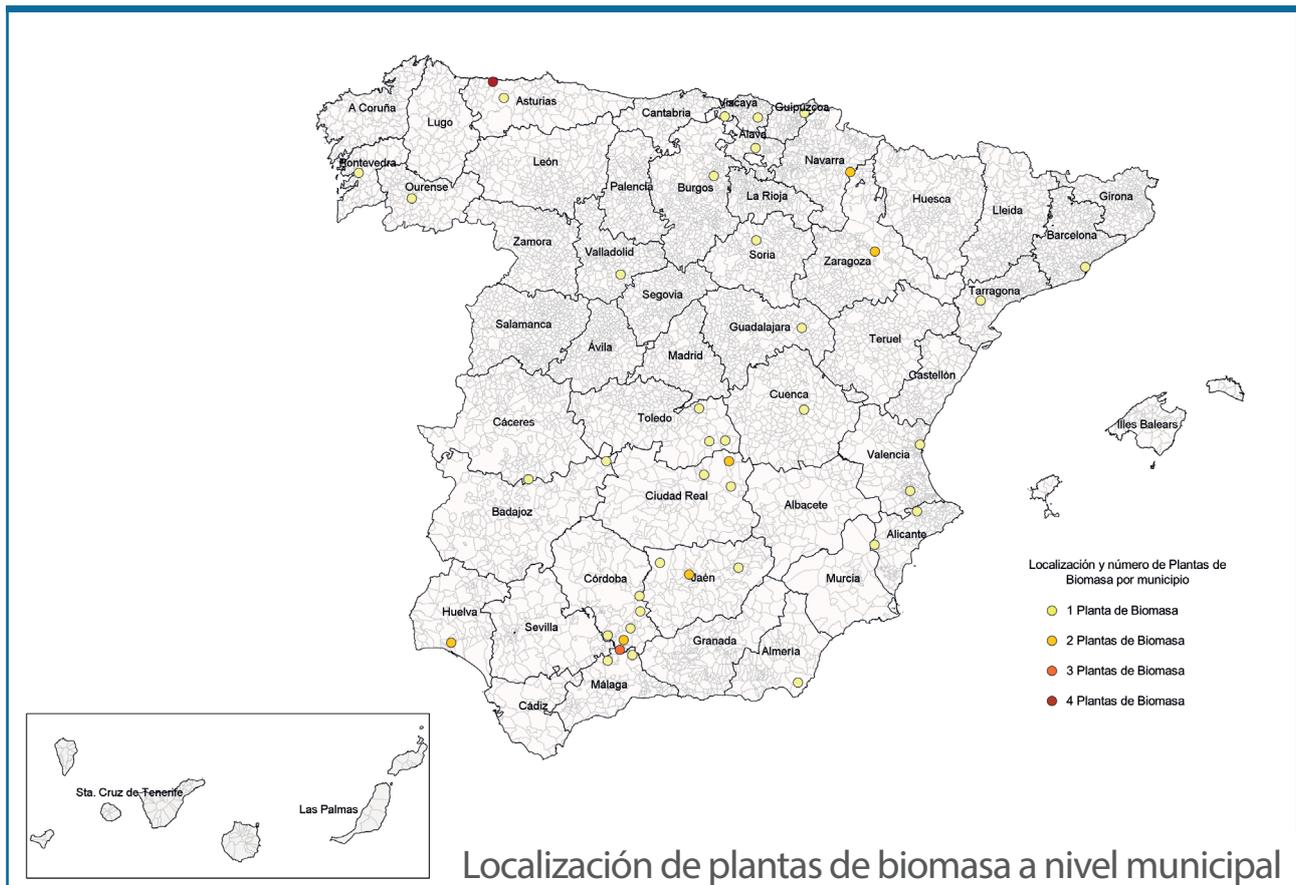
n.d.: no se dispone de datos.

Plantas de biomasa existentes en España.

Fuente: Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), 2012, y Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), 2011.

A continuación, se adjuntan dos mapas en los que se representan el número de plantas de biomasa a nivel provincial, y la localización municipal de dichas plantas. Se puede observar que existen muchas provincias en España que no poseen ninguna planta de biomasa en la actualidad, a pesar de que en algunos casos la producción potencial de biomasa para ello es muy elevada, por lo que éstas podrían ser interesantes de estudiar en detalle para ver la posibilidad de instalar equipos de uso municipal.





Fuente: Elaboración propia a partir de CENER 2012 y APPA 2011.

9.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS REDES DE CALOR Y FRÍO (DISTRICT HEATING AND COOLING)

Las redes de calor y frío, conocidas en el mundo anglosajón bajo la denominación “District Heating and Cooling”, consisten en la producción centralizada de calor y frío mediante un sistema de redes que transportan fluidos térmicos. De esta manera se satisface la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria y frío, para aquellos usuarios que se encuentran conectados mediante dicho sistema de redes.

Este tipo de redes constituyen una de las herramientas más eficaces para el ahorro energético. Es importante tener en cuenta que este tipo de sistemas varían enormemente en cuanto a dimensiones, pudiendo abarcar desde un limitado número de viviendas hasta zonas metropolitanas completas (IDAE, 2008).

El IDAE (2008) identifica una serie de ventajas de las redes de calor y frío respecto a los sistemas individualizados:

- Los sistemas centralizados tienen mejor eficiencia energética que los sistemas aislados. Al ser de mayor potencia tienen una tecnología más compleja y más eficiente.
- La contaminación atmosférica se controla de forma centralizada, con un impacto mucho más controlado y focalizado.

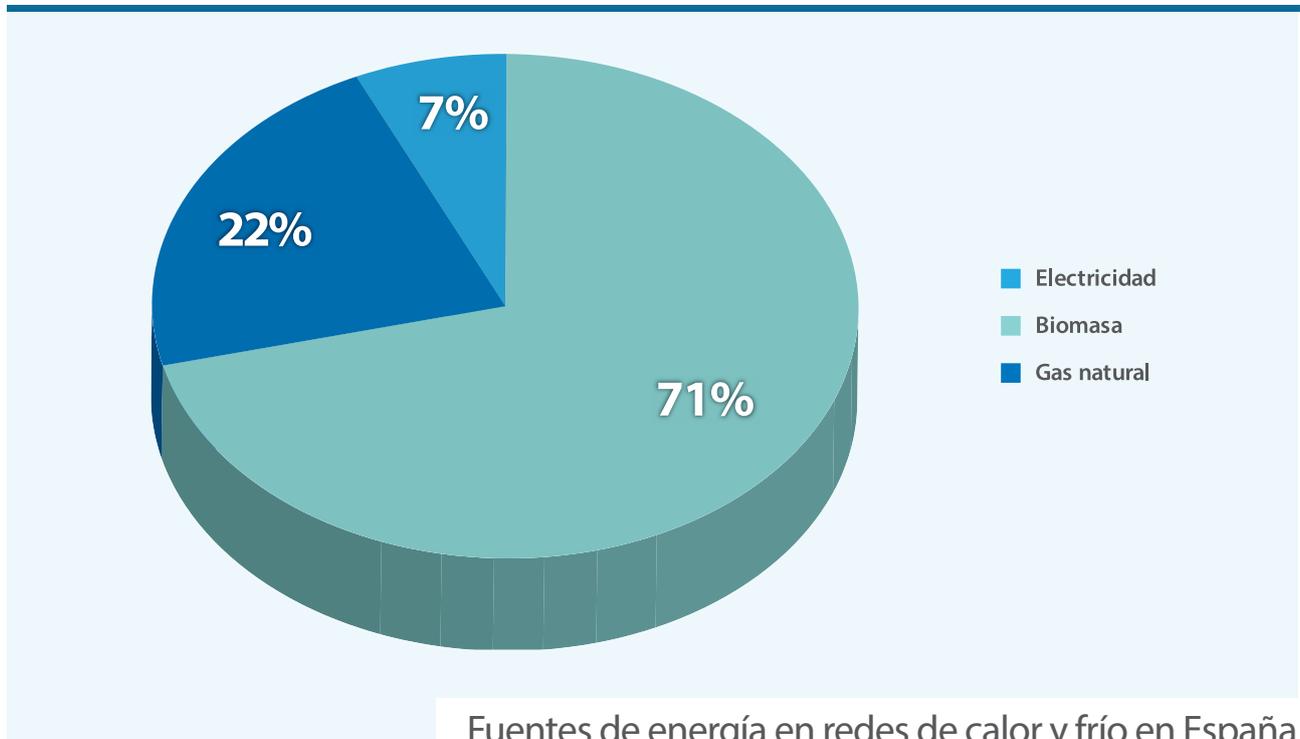
- Balance neutro de las emisiones de CO₂. Esto sucede si se emplea como fuente de energía una caldera de biomasa para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria, calefacción y climatización.
- Disminución del consumo de combustibles derivados del petróleo y gas natural, con su correspondiente independencia del suministro y variación de precios de otros países.
- Aprovechamiento integral de recursos cuando la fuente de calor es biomasa generada en la región y regiones limítrofes.
- Mantenimiento centralizado de las instalaciones del que no tienen que ocuparse propietarios y usuarios de edificios.
- Proporcionar un medio de calefacción fiable y constante, reduciendo el riesgo de accidentes al disminuir el manejo individual de las instalaciones.

Según el último censo de la Asociación de Empresas de Redes de Frío y Calor (ADHAC) realizado en mayo de 2012, en España hay censadas 104 redes de este tipo. A continuación se presentan la distribución geográfica en España de las redes de calor y frío por Comunidades Autónomas:

Comunidades Autónomas	Número de redes de calor y frío
Andalucía	5
Aragón	5
Canarias	0
Cantabria	2
Castilla-La Mancha	4
Castilla y León	12
Cataluña	30
Comunidad de Madrid	11
Comunidad Foral de Navarra	10
Comunitat Valenciana	0
Extremadura	2
Galicia	3
Illes Balears	4
La Rioja	0
País Vasco	11
Principado de Asturias	4
Región de Murcia	0

Fuente: ADHAC, 2012.

Del total de redes de calor y frío que aparecen en el tabla anterior, la mayor parte utilizan como combustible la biomasa, y de ahí el interés que presentan este tipo de instalaciones para el estudio. En el gráfico que mostrado a continuación se puede observar claramente la preponderancia de las instalaciones alimentadas con biomasa frente al resto.



Fuentes de energía en redes de calor y frío en España

Fuente: ADHAC, 2012.

EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA A ESCALA LOCAL: PROYECTOS POTENCIALES, COSTES Y FINANCIACIÓN. POSIBILIDADES DE COLABORACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS

10.- PROYECTOS PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA

10.1.- IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS POTENCIALES POR ZONA GEOGRÁFICA BASADOS EN EXPERIENCIAS REALES

Tras el análisis de la distribución y disponibilidad del recurso biomásico en el área objeto de estudio, así como de las diversas opciones tecnológicas para su aprovechamiento energético, a continuación se indican algunas iniciativas y su marco geográfico, que podrían tener a priori un desarrollo viable, así como casos de éxito representativos existentes en dichas zonas.

Los casos presentados a continuación, han sido seleccionados entre una variedad enorme de experiencias existentes, atendiendo a varios criterios:

► En primer lugar, se han tratado de incluir ejemplos reales con aprovechamientos energéticos de biomasa de los distintos tipos expuestos:

- Biomasa residual procedente de la agricultura.
- Biomasa de origen ganadero.
- Aprovechamiento de biogás procedente de lodos residuales de la depuración de aguas residuales.
- Biomasa procedente de residuos forestales.
- Uso de biocarburantes.
- Biomasa residual de la industria agroalimentaria.
- Biomasa procedente de residuos vegetales de parques y jardines.
- Residuos biomásicos de la industria forestal.

► En segundo lugar, se han incluido experiencias de distintas localizaciones de la geografía española. Dichos casos son relativamente representativos como ejemplos tipo de cada aprovechamiento energético de la biomasa presentado.

► Por último, y como requisito fundamental, los casos presentados deben ser representativos de lo que los gobiernos locales pueden desarrollar en sus propios entornos. Es por ello que algunos de los casos, aunque no son expresamente llevados a cabo en el caso real por gobiernos locales, pueden servir como referencia para el desarrollo de iniciativas similares.

10.1.1.- APROVECHAMIENTO DE BIOMASA AGRÍCOLA: OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Según la Agencia Andaluza de la Energía, la provincia de Jaén dispone de casi la mitad, el 48%, del potencial andaluz de la biomasa procedente del olivar: orujillo, hueso de aceituna, hoja de almazara y poda de olivo. Por ello, el consumo de biomasa y los proyectos de producción de biocombustibles derivados del olivar, han encontrado en Jaén su ubicación idónea.

La importancia de estos “desechos” es tal que se estima que el potencial de la poda del olivar representa el 16% de la biomasa aprovechable en Andalucía, o el 60% del consumo total de energía de Jaén. Además, con los 2.500 kg de residuos de poda del olivar por hectárea, se podrían producir 1.770 millones de litros de etanol al año, un 15% del consumo total anual de gasolina en España, con un posible valor de mercado de unos 2.000 millones de euros.

Para poner aún más de manifiesto la importancia del sector, seguidamente se aportan algunos datos estimados de lo que supone la industria olivarera en la provincia:

- Cuenta con 110.000 productores de aceite de oliva, que cultivan 570.000 ha (unos 165 millones de olivos).

- Anualmente se producen 1.710 millones de toneladas de aceitunas (3.000 kg/ha) y 856.000 t de restos de podas.
- Existen 325 almazaras que producen 530.000 t de aceite de oliva (25% de la producción mundial).
- Hay también 12 extractoras (29 en España) que generan 650.000 t de orujillo.

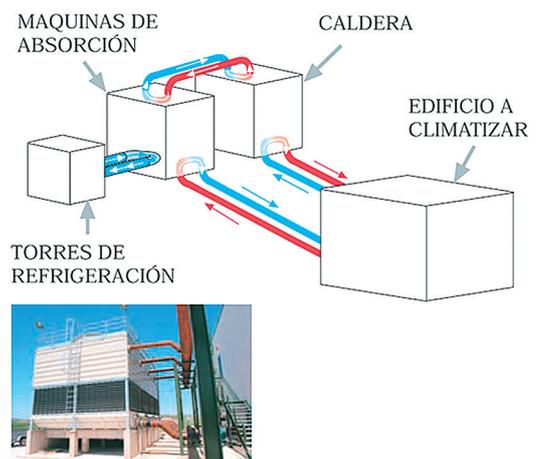
Caso de éxito: Sistema de climatización con biomasa derivada del olivar en el Parque Científico Tecnológico Geolit.

Situado en el municipio jiennense de Mengíbar, Geolit es un parque científico-tecnológico, ya construido y en funcionamiento, dotado de una superficie de más de 500.000 m² dedicados a usos empresariales e institucionales que favorecen la innovación.

Asimismo, constituye un centro de referencia en materia de aprovechamiento térmico de biomasa, ya que dispone de una novedosa red de calor y frío ("District Heating and Cooling") que usa como combustible los restos de la explotación del olivar, siendo el primero de sus características a nivel mundial.

Con una inversión total superior a los 5 millones de euros, estas pioneras infraestructuras han sido promovidas por Geolit Climatización, una sociedad público-privada en la que participan, además del propio Parque, Valoriza Energía, Inverjaén, la Agencia de Gestión Energética de la Diputación Provincial de Jaén (AGENER) y la empresa Centrales Térmicas y Redes.

La distribución de calor/frío se realiza a través de una red de 4 tubos, con una longitud total de 4 km. Para la generación de calor se utilizan dos calderas de biomasa con una potencia total de 6.000 kW, mientras que para la producción de frío se utilizan dos máquinas de absorción de 4.000 y 2.000 kW. De esta manera, se consigue cubrir la demanda térmica de las empresas e instituciones instaladas en nueve parcelas de la zona norte del Parque, donde se ubican algunos de sus edificios más emblemáticos con más de 37.000 m² climatizados.



Vista panorámica y esquema de funcionamiento del sistema de climatización con biomasa empleado en el Geolit
Fuente: Geolit Climatización.

Por todo ello, este sistema de climatización fue reconocido en 2008 con el premio al "Diseño de Espacio Público más eficiente energéticamente", otorgado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

10.1.2.- APROVECHAMIENTO DE BIOMASA GANADERA Y FORESTAL EN EL VALLE DE ULTZAMA (NAVARRA)

Ubicado en la mitad norte de Navarra y compuesto por 14 pequeñas localidades, el Valle de Ultzama constituye un claro ejemplo de apuesta por la sostenibilidad y aprovechamiento de sus recursos locales.

Con una riqueza natural destacable, como pone de manifiesto su inclusión en dos Lugares de Importancia Comunitaria (LIC Belate y LIC Robledales de Ultzama), Ultzama cuenta con una superficie de 100 km² de los que el 62% es terreno forestal. En su paisaje destacan masas de hayedos y robledales, así como verdes y extensos prados, lo que le ha valido el sobrenombre de "la navarra suiza".

La ganadería constituye uno de los motores económicos del Valle, actividad tradicional en el territorio que lo caracteriza en gran medida, y que a pesar de su alta presión en el territorio, ha permitido conservar importantes masas de bosques que albergan valores naturales de gran importancia y constituyen en sí un valor a conservar.

Comprometido con la conservación de su entorno natural y el aprovechamiento de sus propios recursos, el Ayuntamiento de Ultzama ha sido pionero en el desarrollo de proyectos para el aprovechamiento de la biomasa local, que ha supuesto un importante reto para un municipio de 1.500 habitantes. De esta manera, se han puesto en funcionamiento un sistema centralizado de calefacción y ACS por biomasa forestal, y una planta de generación de biogás a partir de los purines generados en el propio valle.

Por estas iniciativas, Ultzama ostenta el privilegio de ser el primer municipio español en recibir el sello europeo "Green Building", reconocido por el fomento del uso de las energías renovables y por su eficiencia energética.

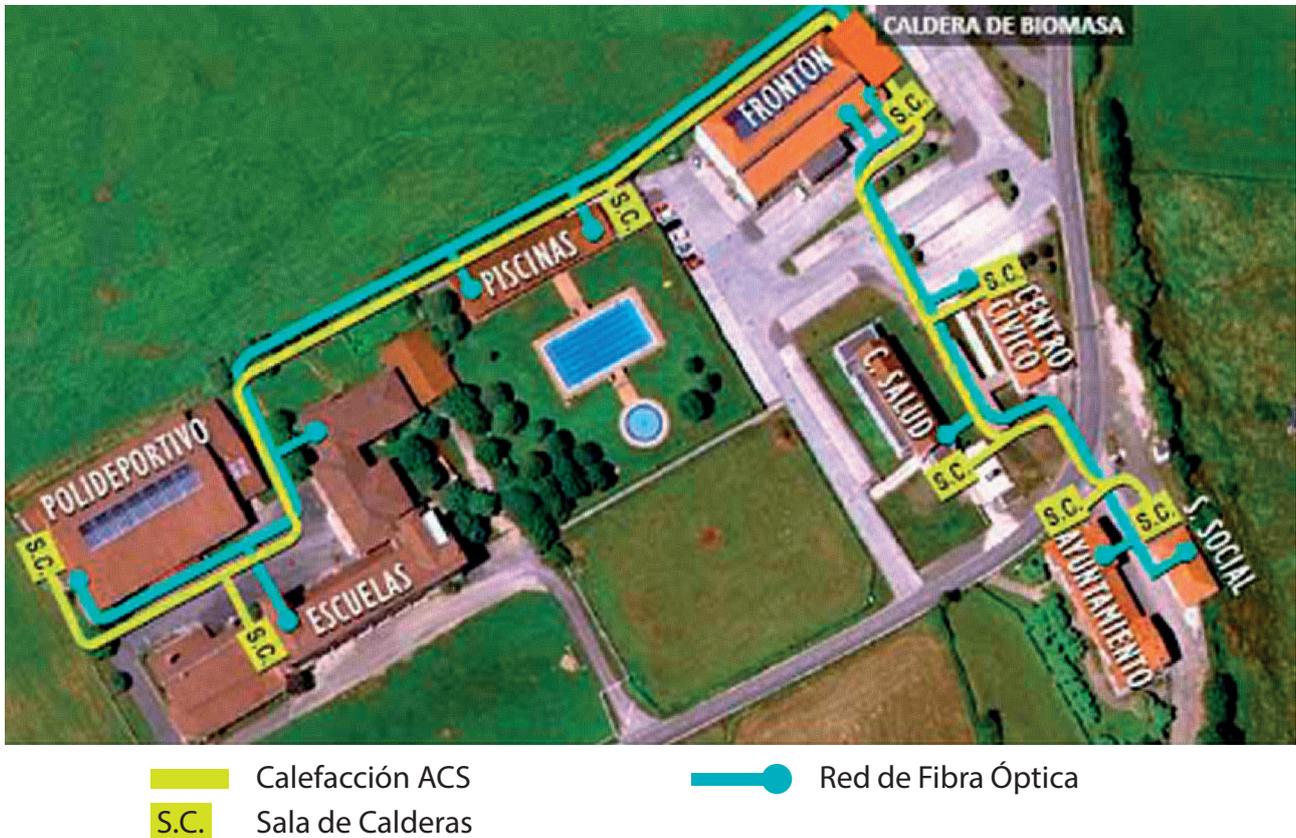
Caso de éxito: Sistema centralizado de calefacción (District Heating) en dependencias municipales de Larraintzar, alimentado con residuos forestales.

El Ayuntamiento de Ultzama cuenta con diez edificios municipales situados en la localidad de Larraintzar. Poseen una superficie total aproximada de 11.000 m² y en ellos se desarrollan 16 servicios diferentes a la ciudadanía. En 2008, los consumos energéticos municipales eran tres: electricidad (20.565 euros), gasóleo para la calefacción y para calentar el agua corriente (130.000 litros anuales que costaban 103.920 euros) y gas propano (2.200 kg anuales que suponían 3.220 euros). Esto suma alrededor de 1.537.000 kWh anuales, con un coste de unos 128.000 euros para las arcas municipales.

Ante este panorama, se estudio la posibilidad de cambiar el modelo energético que se venía utilizando hasta ese momento, apostando por el uso de energías renovables, limpias y más económicas. De este modo, se decidió hacer uso de la biomasa de origen forestal (astillas y pellets) procedente del propio valle, con objeto de suministrar tanto calefacción como agua caliente sanitaria a los siguientes edificios: dependencias del Ayuntamiento, colegio público, centro de servicios sociales, centro de salud, centro cívico, piscinas municipales, frontón y polideportivo

Gracias al apoyo del Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra y del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en junio de 2009 se implantó un sistema de calefacción compuesto por tres calderas con una potencia total de casi 800 kW, y una serie de subestaciones individuales en cada recinto, con medición de consumo y control

remoto vía internet. La biomasa se almacena en dos silos diferenciados de 70 m³ para la biomasa de origen forestal y 30m³ para pellets. Se ha adoptado un sistema de agua caliente impulsada mediante bombas, con un sistema bitubular (ida y retorno) para la distribución del fluido calefactor en el circuito primario y el agua fría para la producción de ACS.



*Esquema de distribución de sistema centralizado de calefacción y ACS en Larrainzar
Fuente: Ayuntamiento de Ultzama*

Gracias a esta iniciativa, ha sido posible sustituir los obsoletos sistemas de calefacción de estos edificios públicos por otros mucho más eficaces y respetuosos con el entorno; potenciando al mismo tiempo el aprovechamiento de los recursos endógenos, la generación de empleo local, el mantenimiento y limpieza de los bosques y la concienciación de la ciudadanía sobre una nueva cultura ambiental.

Caso de éxito: Planta de generación de biogás a partir de los purines en el Valle de Ultzama.

La mayoría de las explotaciones ganaderas del Valle de Ultzama son de vacuno y ovino, tanto de leche como de carne. De ellas, son las de vacuno de leche las que presentan los mayores problemas ambientales en la actualidad, derivados de los purines generados en las mismas. Así, la gestión inadecuada de estos desechos puede suponer una fuente de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por nitratos, y emisión de gases de efecto invernadero por metano (CH₄).

La respuesta local a este problema ha sido la búsqueda de un sistema que permita valorizar estos residuos ganaderos, mediante la obtención de biogás y su posterior uso para la generación de electricidad y calor.

Contando con el apoyo de los Departamentos de Agricultura y de Innovación del Gobierno de Navarra, y en el que participa la cooperativa Aritzalde, formada por 26 empresas ganaderas de los valles de Odieta, Basaburúa y Ultzama; el Ayuntamiento de Ultzama ha promovido la creación de la empresa Bioenergía Ultzama S.A., cuyo objetivo es convertir en biogás los purines generados por unas 3.000 vacas de leche de explotaciones situadas en la zona. A partir de este combustible ecológico se produce energía eléctrica, energía térmica y abono. De estas energías se benefician tanto el Ayuntamiento como varias empresas del Polígono Industrial Elordi, en el que se ubican las instalaciones de la empresa.



Digestores anaerobios de la planta de biogás de Ultzama
Fuente: Bioenergía Ultzama S.A.

La instalación de la planta de biogás consta de 2 digestores de 3.000 m³ cada uno. En ellos se lleva a cabo la fermentación del purín, a temperatura controlada, de la que se obtiene el biogás constituido, fundamentalmente, por CH₄, CO y CO₂.

El fluido resultante tras este proceso (digestato) se somete a un proceso de separación de fases (sólido-líquido). La fracción líquida se transporta a 5 balsas de almacenamiento construidas en lugares estratégicos de Ultzama y la fracción sólida se somete a un proceso de compostaje.

Con el biogás generado se produce electricidad a través de 4 motores de 125 kW cada uno. Una parte de esta energía eléctrica es reutilizada en la propia planta y la mayor parte se vende a la red de distribución.

Planta de Biogás - Bioenergía Ultzama	
Potencia instalada (MW)	0,5
Horas de funcionamiento (h/año)	1.000
Grupo/Subgrupo/Categoría	a.1.3, b.7.2 (*)
Combustible	Purines de vacuno
Aplicación	Cogeneración

Nota: (*) Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 661/2007.

Características técnicas básicas de la planta de biogás de Bioenergía Ultzama.

Fuente: APPA.

10.1.3.- APROVECHAMIENTO DE BIOMASA AGRÍCOLA: ARROZALES DE LA ALBUFERA DE VALENCIA

El cultivo del arroz en la albufera de Valencia goza de gran tradición, siendo un elemento clave para la agricultura de la zona, y suponiendo una parte importante de la producción nacional, con más de quince mil hectáreas en 2009. El aprovechamiento energético de los residuos agrícolas que se generan con el cultivo del arroz se presentan como una alternativa de gran interés.

CASO DE ÉXITO: PLANTA DE BIOMASA PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON PAJA DE ARROZ EN SILLA (VALENCIA)

Esta iniciativa tiene como objetivo convertir la paja del arroz, un residuo agrícola abundante en la zona de la Albufera, en energía eléctrica. Este caso práctico, aunque no se ha puesto aún en marcha, resulta un ejemplo de gran interés para otros gobiernos locales por dos cuestiones:

- ▶ por una parte, la singularidad que presenta el proyecto en sí: aprovechamiento de paja de cereal, un residuo abundante en muchas zonas, para producir energía eléctrica;
- ▶ y por otra, la forma en que el propio Ayuntamiento ha gestado la iniciativa: colaboración entre el sector público y el privado.

El proyecto, pionero en España, se llevará a cabo en la localidad de Silla, provincia de Valencia. Su Ayuntamiento ha firmado un acuerdo con la empresa Griñó Ecológic para la instalación de una planta de biomasa en el municipio, la cual se alimentará de las cerca de 90.000 t/año de paja que se producen durante la siega del arroz.

Con la ejecución de este proyecto se produce un doble beneficio medioambiental. Además del ya evidente beneficio de producir energía renovable, se limpia el parque natural de la paja de arroz. Tradicionalmente se ha estado quemando este residuo después de la siega, lo que provocaba un impacto medioambiental debido a la emisión de gases nocivos a la atmósfera, algo que podía afectar a la salud de las personas de los municipios cercanos. Esta práctica quedó prohibida hace varios años por una normativa europea, pasando a partir de entonces a dejarse la paja de arroz abandonada en el humedal, lo que traía otras consecuencias. En el proceso de putrefacción, el campo valenciano se convertía en un paisaje de aguas negras que provocaba la mortandad de gran parte de la fauna y contaminaba el agua de la Albufera.

Actualmente, a la fecha de presentación de este estudio, el proyecto de construcción de la planta de biomasa se encuentra redactado y a la espera de su puesta en marcha.

10.1.4.- APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA VEGETAL RESIDUAL GENERADA EN INVERNADEROS EN EL PONIENTE ALMERIENSE

Almería cuenta con casi el 60% de la superficie de invernaderos existente en España, lo que supone unas 30.000 ha dedicadas a esta modalidad de cultivo. Dentro de la provincia, destaca asimismo la comarca del Poniente Almeriense (también denominado "Campo de Dalías"), cuyo extremo sur es referido en múltiples ocasiones como "mar de plástico", en alusión a las 27.000 ha de invernaderos que se concentran en los términos municipales de El Ejido, La Mojonera, Vícar y Roquetas de Mar. Todo ello convierte a esta comarca en el mayor exponente europeo, y probablemente mundial, de la agricultura intensiva bajo plástico.

Los cultivos principales son, por orden de importancia, el pimiento, tomate, pepino, calabacín, sandía, melón, berenjena y judía verde. La productividad media de estos cultivos rondan las 100 t/Ha, generando unos ingresos de aproximadamente 50.000 €/Ha (Novotecnia, 2009), constituyendo el principal motor económico de la zona. Pero, irremisiblemente, ello conlleva la generación de una gran cantidad de residuos que, si no se gestionan adecuadamente, pueden provocar serios problemas ambientales, comprometiendo el desarrollo sostenible de este sector.

Entre estos residuos, los restos vegetales (también denominados RVI, Residuos Vegetales de Invernaderos) destacan tanto por su volumen de generación, una media de 25 t/ha de cultivo (Tolón A. y Lastra X., 2010), como por su potencial energético, que no debería de ser desaprovechado.

Casos de éxito relacionados con el aprovechamiento energético de los RVI en el poniente almeriense

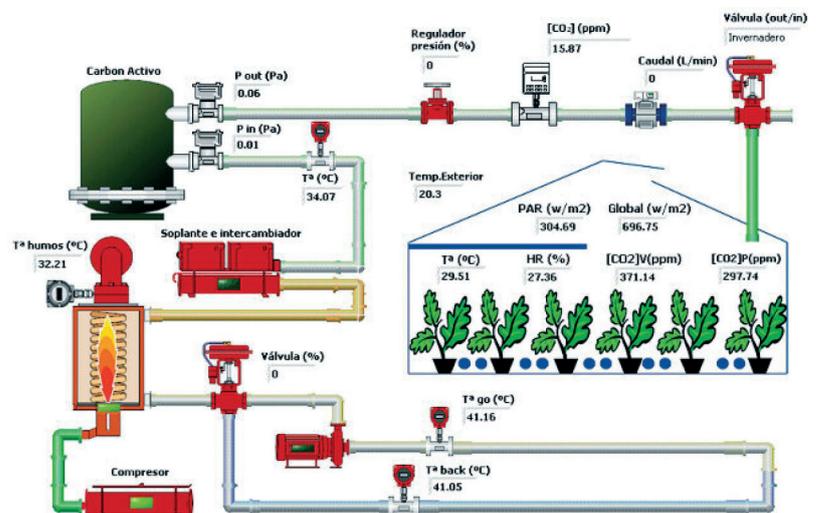
Proyecto Inver-Almería

Gracias a la colaboración conjunta de la Fundación Cajamar, la Universidad de Almería y la empresa de ingeniería Besel, se está desarrollando un proyecto para analizar la viabilidad técnica y económica de la valorización energética de los Residuos Vegetal de Invernadero (RVI), con objeto de producir tanto energía aprovechable en los propios invernaderos, así como emplear el CO₂ resultante de la combustión de la biomasa para enriquecer la atmósfera de crecimiento de las plantas.

En su primera fase, este proyecto pretende analizar el potencial energético de esta biomasa e identificar los lugares propicios para la instalación de plantas para su aprovechamiento. Así, se calcula que la zona dispone de un potencial en peso fresco de 1.700.000 t de RVI, aunque una vez secado se reducen a 200.000. Ello implica que los residuos vegetales de 1 ha de invernaderos servirían para mantener una temperatura de consigna de 8°C en dicha superficie, cubriendo el 100% de la energía necesaria.

A continuación, para diseñar y construir la planta piloto de producción de calor y CO₂ en base a la combustión de biomasa de RVI, era necesario tener en cuenta factores como la toxicidad de los gases de combustión o el desacoplamiento temporal entre la fertilización carbónica, realizada durante el día, y la calefacción necesaria durante la noche.

Los ensayos realizados mostraron que para valores de 800 ppm de CO₂ durante 12 horas del periodo iluminado, los valores de azufre y NO_x eran menores a los considerados como perjudiciales para personas y cultivo. Asimismo, se observó que con fertilización carbónica se conseguía un 20% más de rendimiento en peso y calidad del fruto y precocidad. Pero para lograr el desacoplamiento temporal entre los aportes de calor y CO₂, se optó por conectar el sistema aportando calor por la noche y capturando este gas mediante un silo de carbón activo, pudiendo liberarse al día siguiente en el invernadero.



Calefacción y enriquecimiento carbónico mediante caldera de biomasa
Fuente: Universidad de Almería (UAL)

Este proyecto ha demostrado que mediante una gestión inteligente de los RVI, es posible disponer de un sistema que no sólo da solución a los problemas ambientales que pudieran derivarse de su generación, sino que además permite aumentar la productividad de los cultivos, mejorando la competitividad del sector.

Producción de biomasa derivada de RVI

Morgan Aqua S.L. ha sido la primera compañía en desarrollar una tecnología propietaria capaz de convertir los RVI en biomasa homogénea, con la posibilidad de ser distribuida a gran escala, a los grandes consumidores de biomasa.

Así, a partir de los residuos vegetales generados en los cultivos bajo invernadero de calabacín, pimiento, berenjena, tomate, pepino, sandía, melón y judías; se obtiene un producto apto para su valorización energética denominado gcBIOMASS, en referencia al término inglés greenhouse crop (residuo de invernadero).

Diversos análisis han demostrado que esta biomasa presenta unas propiedades similares a las de otros biocombustibles fabricados a partir de plantas herbáceas y arbóreas (poder calorífico superior, humedad y contenidos en cloro, azufre y cenizas), representando una fuente constante y fiable de biomasa.

Pcs (kcal/kg)	Cloruro (%)	Azufre (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
4.073	0,007	0,001	3,2	< 8

Valores medios del PCS y del análisis inmediato y elemental del gcBIOMASS.

Fuente: Morgan Aqua, S.L.

En la actualidad, la planta que la empresa dispone en El Ejido gestiona anualmente entre 1,1 y 2,5 millones de t de residuos vegetales de invernadero en peso fresco, lo cual permite la obtención de algo más de 250.000 t de biomasa.

Planta de gasificación de RVI en Níjar.

Puesta en marcha en 2004, la planta de tratamiento de residuos vegetales de invernadero por gasificación que la empresa Albaida Recursos Naturales y Medioambiente, S.A. ha implantado en el municipio almeriense de Níjar, tiene capacidad para generar unos 13.600.000 kWh/año, lo que implica el tratamiento de 21.600 t de residuos al año.

El sistema de gasificación emplea una tecnología desarrollada por la compañía americana Chiptec Inc., y es capaz de producir un gas limpio de componentes nocivos a partir del cual, y a través de una caldera de tipo "acuotubular", se obtendrá vapor a 25 bares (a) y 270°C que alimentará a un conjunto turbina-generator a través del cual se obtendrán la energía eléctrica referida anteriormente.

La inversión que dicha empresa ha destinado a la construcción de esta planta asciende hasta los 6,7 M€.

Gasificación de RVI – Albaida RN y MA	
Potencia instalada (MW)	1,7
Horas de funcionamiento (h/año)	8.000
Grupo/Subgrupo/Categoría	b.6.2 (*)
Combustible	RVI
Aplicación	Generación eléctrica

Nota: (*) Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 661/2007.

Características técnicas básicas de la planta de gasificación de RVI.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Andaluza de la Energía.

10.1.5.- APROVECHAMIENTO DE BIOMASA RESIDUAL FORESTAL EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE GALICIA.

Con una producción estimada de 1,4 millones de toneladas al año de biomasa forestal residual en condición sostenida, Galicia es la primera región española en cuanto a disponibilidad anual

potencial de este recurso (IDAE, 2009). Sus características climáticas, la distribución de la población y la gran tradición e importancia de las explotaciones madereras, la colocan en una posición inmejorable para fomentar el aprovechamiento energético sostenible de esta importante fuente de biomasa.

Estos recursos (forestales y ambientales) renovables se localizan en 1,4 millones de hectáreas arboladas y en otras 0,63 millones de hectáreas de monte bajo o matorral. En el primer caso, la biomasa anual estimada se sitúa en torno a 58,5 t/ha y en el segundo alcanzaría las 10,5 t/ha.

De esta forma, el volumen maderable de los montes arbolados gallegos alcanza los 133 millones de m³ en la actualidad, suponiendo casi el 20% del conjunto español (mientras que la superficie geográfica no llega al 6%). No es de extrañar pues que Galicia ostente una de las mayores industrias madereras del país (especialmente de primera transformación), siendo referida en múltiples ocasiones como el “almacén forestal de España”.

Tres son los principales tipos de aprovechamiento de biomasa de origen forestal que tienen lugar en la comunidad gallega:

- Aprovechamiento de residuos generados en las cortas anuales y operaciones de gestión silvícola ordinarias realizadas en los montes arbolados.
- Aprovechamiento de los residuos generados en las industrias madereras.
- Aprovechamiento sostenible de la biomasa en montes abiertos o de matorral.

Casos de éxito relacionados con el aprovechamiento energético de biomasa forestal en la comunidad gallega.

Planta de cogeneración con biomasa forestal primaria en Allariz (Orense).

Inaugurada en 1998, se trata de la primera instalación española destinada a la generación de electricidad y calor a partir de residuos forestales. En concreto, esta planta utiliza como combustible la biomasa procedente de la limpieza de montes y residuos industriales de los aserraderos y fábricas de tableros en la zona de Allariz, municipio orensano donde se emplaza.

En un primer momento fue el propio Ayuntamiento de Allariz quien promovió la ejecución de estas infraestructuras mediante la creación de la empresa Allarluz S.A. (de capital íntegramente municipal), contando con el apoyo financiero de la Xunta de Galicia y del Ministerio de Industria. Sin embargo, en 2007 esta empresa pasó a formar parte del Grupo Norvento, compañía eléctrica gallega quién explota actualmente sus instalaciones.

La planta posee una potencia instalada de 2,3 MW y está diseñada para operar de forma continua durante las 24 horas del día. En ella se valorizan anualmente 23.000 toneladas de residuos forestales y matorral, cubriendo las necesidades de consumo eléctrico de aproximadamente 3.500 hogares. Asimismo, genera 1,8 t/h de vapor a 3,8 bar que cede a una granja de cultivo intensivo de angulas y a un secadero de madera a baja temperatura.

Una vez en las instalaciones, los residuos se depositan en un parque de madera destinado a tal efecto. Posteriormente se transportan mediante una cargadora diésel hasta un equipo de clasificación por granulometría, para almacenarlos finalmente en un silo de 75 t, desde el que se envían directamente a la caldera, donde se procederá a su combustión.

Dicha planta ha supuesto la generación de 25 puestos de trabajo directos (18 para limpieza de montes y 7 al mantenimiento de la planta) y un impacto socioeconómico positivo importante para la zona.

Bioallarluz – Norvento Biomasa	
Potencia instalada (MW)	2,35
Horas de funcionamiento (h/año)	7.500
Grupo/Subgrupo/Categoría	b.6.1, b.6.2, b.6.3, b.8.2 (*)
Combustible	Biomasa forestal residual
Aplicación	Cogeneración

Nota: (*) Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 661/2007.

Características técnicas básicas de la planta Bioallarluz.

Fuente: APPA.

Proyectos para el suministro de calefacción y ACS en tres hospitales públicos gallegos.

Entre los múltiples centros públicos que podrían incorporar la biomasa como fuente energética, se encuentran los de función sanitaria, quienes suelen presentar altas demandas de calefacción y ACS en sus actividades.

Conscientes del potencial energético que albergan sus montes, así como otras ventajas entre las que destacan el ahorro económico por sustitución de los combustibles tradicionales o la dinamización del medio rural, el gobierno gallego ha decidido apostar por la implantación de sistemas de calefacción y ACS alimentados por biomasa forestal en distintos hospitales públicos. Así, a principios de marzo de 2012 se aprueba una iniciativa cuyo objeto es promover la contratación del suministro de calderas y biocombustibles a los hospitales públicos de Lugo, Ferrol y Orense. Esta medida forma parte del Plan Integral de Eficiencia Energética del Servicio Gallego de Salud (SERGAS), y su intención es extenderse progresivamente a todos los hospitales y centros de salud de la red pública gallega.



Sala de máquinas del Hospital POLUSA.
Fuente: TERMOSUN ENERGIA.

A este respecto, cabe decir que en la Galicia ya existen casos de éxito de aplicación de sistemas de aprovechamiento energético con biomasa en centros sanitarios, aunque de carácter privado. Uno de ellos lo constituye el Policlínico Lucense, S.A. (POLUSA), centro de referencia con una superficie de 5.600 m² y capacidad para atender a unos 1.000 usuarios, el cual ha sustituido sus tres anteriores calderas de gas natural por una de biomasa Herz Biofire de 800 kW alimentada con astillas de madera, la cual abastece de calefacción y ACS a sus instalaciones. Para ello, cuenta con un silo de almacenamiento de astillas de 130 m³ de capacidad, y una acumulación de 4.000 l.

La inversión realizada ha sido de 255.620 € y contó con una subvención de la Xunta de Galicia de 30.000 €. Según los datos que maneja el policlínico, la instalación del sistema permite el ahorro de 21.848 € al año.

10.1.6.- GASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA EN CATALUÑA

Tal y como se pone de manifiesto en el presente apartado, el factor más importante relacionado con el uso de la biomasa, es el tipo y cantidad de ésta que se genera en una determinada área geográfica. Cuando un establecimiento genera un gran volumen de restos de biomasa, o diversos establecimientos se concentran en un área determinada, los residuos son recogidos y aprovechados como materias primas en otras industrias de la biomasa. En el caso de que la cantidad de biomasa generada sea reducida, estos restos suelen ser empleados como combustibles para uso doméstico o industrial en zonas circundantes o bien son rechazados como residuos sin valor.

En el caso de la biomasa de origen industrial, los criterios empleados para que su selección como recurso sea viable son:

- ▶ Que la industria genere un residuo biomásico con una adecuada aptitud energética.
- ▶ Existencia de tecnologías capaces de obtener un biocombustible o que permita un aprovechamiento energético a partir de dicho residuo.
- ▶ Existencia de una importante cantidad de generación de residuos o en su defecto, que sea un sector industrial muy concentrado en una comarca o localidad.

Dentro del panorama industrial español, el sector agroalimentario constituye la primera industria manufacturera del país, ocupando el quinto puesto en la Unión Europea tras Francia, Alemania, Italia y Reino Unido. Según la Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB), en 2010 el negocio alimentario se situó al frente de la industria española con un 16% del PIB industrial y un 8% del total español. Asimismo está formado por un total de 30.261 empresas (96% PYMES) que ofrecen empleo a 445.475 personas, lo que supone un 17% del empleo industrial.

A nivel autonómico, según el Anuario de Estadística 2010 del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), Cataluña destaca por ser la comunidad con mayor participación en la industria agroalimentaria española, llegando a suponer el 23,11% del total de las ventas de productos en 2009. Por esta razón, la región catalana alberga un enorme potencial en cuanto al aprovechamiento de la biomasa derivada de los residuos o subproductos generados en esta industria, los cual pueden ser empleados como recurso energético en las propias instalaciones donde son generados, o distribuidos a otros centros para su tratamiento y/o consumo.

Caso de éxito: Planta de gasificación alimentada con cáscara de almendra en Mora de Ebro (Tarragona).

Ubicada en el municipio tarragonés de Mora de Ebro, Industrias Escribá es una empresa dedicada al descascarillado y pelado de almendra, que emplea los subproductos de su actividad para obtener un provecho energético.

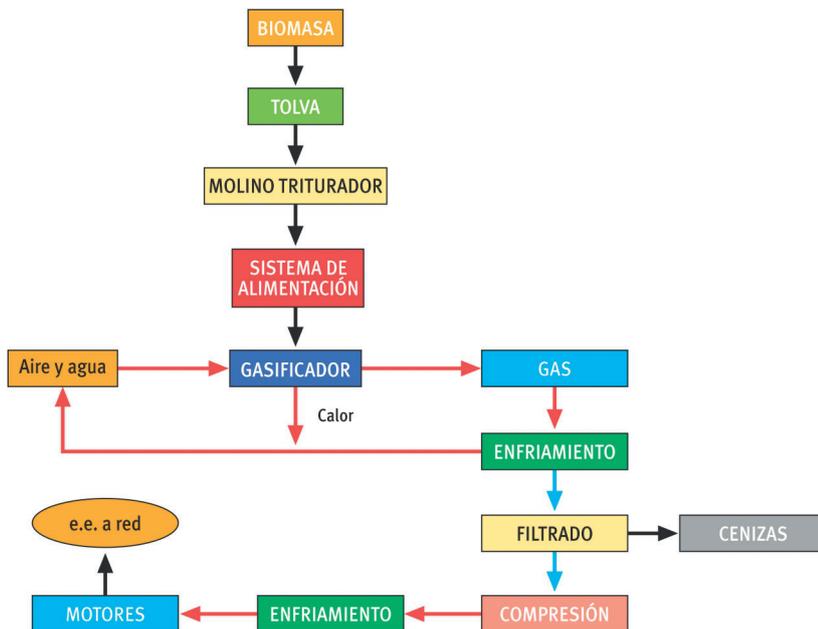
Así, tras el estudio de diversas soluciones, a finales de 1997 se optó por poner en funcionamiento un sistema de gasificación que empleara las cáscaras de almendra producidas durante el proceso industrial (75% en peso), para abastecer de electricidad a sus instalaciones. Este sistema emplea una tecnología de gasificación denominada ENAMORA (Energía Natural de MORA), basada en un reactor de lecho fluido de presión compensada, de pequeñas dimensiones y elevado rendimiento.

Durante su funcionamiento normal, el proceso comienza en una nave cubierta donde se almacena la biomasa. Un tornillo sin fin la envía hacia una tolva de alimentación que, a través de una cinta transportadora, alimenta a un molino que reduce las partículas mayores y homogeneiza la granulometría de la biomasa al tamaño deseado en cada caso.

Del molino, el material ya homogéneo pasa a una tolva nodriza, desde donde se alimenta al sistema de carga del gasificador. Éste está formado por dos tolvas sucesivas, aisladas mediante válvulas de clapeta, que impiden la entrada de aire al reactor. La biomasa se introduce en el gasificador en su tercio inferior, de forma que se vierta sobre el lecho fluido, el cual se crea insuflando aire

caliente como agente gasificante, a través de una matriz situada en la base del reactor.

El syngas obtenido es enfriado en un intercambiador, a su salida del reactor. El calor desprendido en dicho proceso, y en la misma gasificación, es aprovechado para calentar el agente gasificante (aire principalmente). Una vez refrigerado, el syngas pasa a un sistema de filtrado, que separa el agua, naftalenos y cenizas arrastradas. Finalmente, el gas es acondicionado para su posterior alimentación a un motor de combustión interna que, a su vez, genera energía eléctrica que es exportada a la red.



Esquema de funcionamiento de la tecnología ENAMORA. Fuente: IDAE.

Enamora – Grupo Guascor	
Potencia instalada (MW)	0,75
Horas de funcionamiento (h/año)	4.000
Grupo/Subgrupo/Categoría	b.8.1 (*)
Combustible	Cáscara de almendra
Aplicación	Generación eléctrica

Nota: (*) Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 661/2007.

Características técnicas básicas de la planta de gasificación ENAMORA.

Fuente: APPA.

Además, gracias a la flexibilidad en cuanto al combustible que es capaz de valorizar, esta planta se ha constituido como centro de pruebas del Grupo Guascor para el ensayo de diversos tipos de biomasa, así como la puesta a punto de las consignas de operación de los proyectos que se quieran testar.

10.1.7.- FABRICACIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS A PARTIR DE BIOMASA FORESTAL RESIDUAL EN LA CORNISA CANTÁBRICA

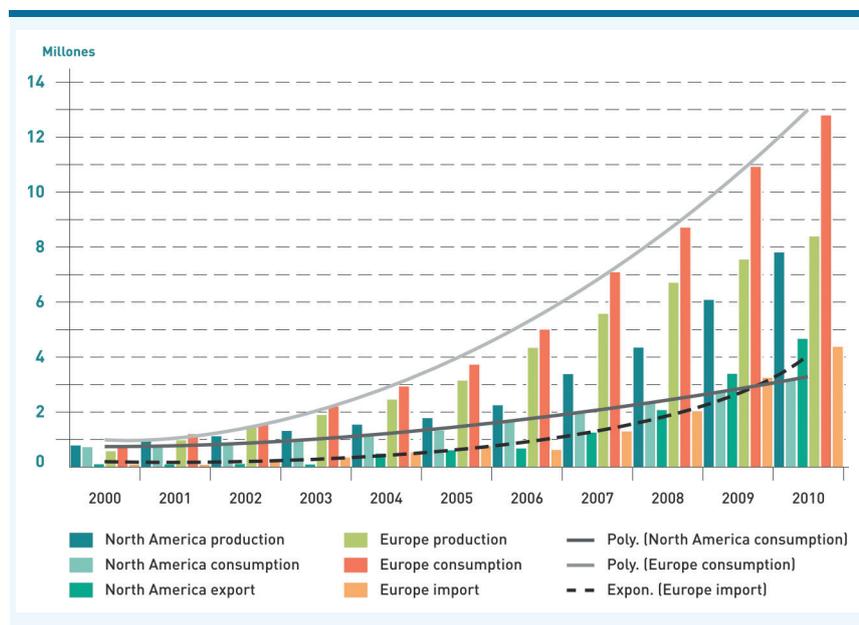
Dadas su particulares características orográficas y climatológicas, la Cornisa Cantábrica dispone de unas condiciones muy favorables para el desarrollo de diversos tipos de bosques, los cuales ocupan aproximadamente el 67% de este territorio (valores similares a Suecia), otorgándole un marcado carácter forestal. No en vano, cerca de la mitad de la producción maderera peninsular se concentra en esta región (22,3 millones de m³).

De este modo, cada año se generan una ingente cantidad de residuos de origen forestal en este ámbito (actividades silvícolas, industrias de transformación de la madera, etc), lo que le confiere un enorme potencial como proveedor de materia prima para la elaboración de biocombustibles sólidos.

Por otra parte, según datos de Euroobserv'ER, y pese a los efectos de la crisis económica actual, tanto Europa como España han experimentado durante la última década un crecimiento notable en el consumo de biomasa sólida para producción energética. Ello ha venido acompañado necesariamente de un mayor número de empresas suministradoras de biocombustibles sólidos repartidas por todo nuestro país.

Entre estos biocombustibles cabe destacar el caso del pellet, cuya producción nacional ha experimentado un mayor aumento a partir de 2006, pasando en sólo dos años de 75.000 t/año a 250.000 t/año en 2008. Asimismo, parece ser que la producción de pellet seguirá su senda de crecimiento a

corto plazo, ya que el IDAE estima que la producción nacional se multiplicará por diez en los próximos tres años.



Evolución del mercado mundial del pellet.

Fuente: 44 ISO/TC 238 Business Plan, second draft 2009, en PANER 2011-2020.

Paradójicamente, la evolución del mercado mundial de pellets muestra que, en términos generales, Europa sigue siendo importadora de este biocombustible pese a su extraordinario potencial de producción, que aun no ha sido debidamente explotado. Es en este contexto donde regiones europeas de alta productividad forestal, como es el caso de la Cornisa Cantábrica, juegan un papel fundamental para el impulso de este sector.

Caso de éxito: Planta de fabricación de pellets y cogeneración en Tineo (Asturias).

Pellets Asturias es una sociedad dedicada a la fabricación y venta de pellets de madera instalada en la localidad asturiana de Tineo. En funcionamiento desde enero de 2011, constituye la primera empresa del Principado dedicada a la fabricación de este biocombustible sólido a partir de residuos procedentes de aserradero (serrín, virutas y astilla) y también de residuos forestales.

Esta iniciativa surge de un modelo de colaboración público-privada entre un grupo de empresarios del sector forestal, la Fundación Asturiana de la Energía (FAEN) y la Sociedad Regional de Promoción (SRP), cuyo principal fin es obtener valores añadidos en la transformación de productos forestales, y en particular del aserrado y primera transformación de la madera. El Ayuntamiento de Mieres pertenece al Patronato de la Fundación Asturiana de la Energía (FAEN), uno de los promotores.

Aunque su producción real es inferior en la actualidad, las instalaciones poseen capacidad para generar 30.000 t de pellets al año, lo que la convierte en la mayor fábrica nacional de este biocombustible. Además, en septiembre de 2011 se convirtió en la primera empresa española en obtener el sello ENplus, certificado de calidad impulsado por el European Pellet Council (EPC) con el objetivo de normalizar los parámetros de calidad de los pellets, y que tienen que ver, entre otros, con el origen, la composición, la humedad, el contenido en cenizas o la durabilidad.

Las características físicas básicas del pellet producto en estas instalaciones, queda resumido en la siguiente tabla

Poder calorífico (kcal/kg)	Densidad (kg/m ³)	Cenizas (%)	Humedad (%)
4.500	670	0,5	7

Características físicas básicas de pellets producidos en "Pellets Asturias".

Fuente: APPA, 2011.

Por último, la compañía prevé incorporar próximamente un módulo de cogeneración ORC (Organic Cycle Rankine) de 1 MW de potencia, con la que esperan obtener un beneficio que les permita acelerar la amortización de sus instalaciones, empleando el calor generado para el secado de banda, y la electricidad para autoconsumo y vertido a red. Esta actuación elevará a 10 millones de euros la inversión total destinada a la puesta en marcha del equipamiento e incorporará a cuatro nuevos operarios, con lo que la plantilla de personal fijo de Pellets Asturias se elevará a trece trabajadores.

Cogeneración ORC – Pellets Asturias	
Potencia instalada (MW)	1
Horas de funcionamiento (h/año)	-
Grupo/Subgrupo/Categoría	a.1.3 (b.6.3) (*)
Combustible	Residuos forestales
Aplicación	Generación eléctrica y térmica

Nota: (*) Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 661/2007.

Características del sistema de cogeneración previsto en las instalaciones de Pellets Asturias.

Fuente: APPA, 2011.

10.1.8.- APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA FORESTAL EN LA COMARCA DE TIERRA DE PINARES (CASTILLA Y LEÓN)

Tierra de Pinares es una comarca natural española situada en la comunidad autónoma de Castilla y León, y comprende el norte de la provincia de Segovia y el sur de la provincia de Valladolid. En ella se concentra una de las más importantes masas forestales de Europa, compuesta principalmente por las especies *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*, lo que le ha valido el sobrenombre de "Mar de Pinares".

Para comprender mejor la importancia que suponen los recursos forestales autóctonos en esta comarca, la masa forestal ubicada en la zona segoviana ocupa unos 580 km² de superficie, representando el 45% de la extensión arbolada de la provincia (Asociación HONORSE-Tierra de Pinares).

Como puede imaginarse a partir de estos datos, la comarca de Tierra de Pinares ha estado ligada históricamente al aprovechamiento forestal y transformación de la madera, actividades económicas que habían experimentado un descenso importante en las últimas décadas.

Diversos estudios realizados por el IDAE en la segunda mitad de la década de los noventa, pusieron de manifiesto que esta comarca constituía una región especialmente propicia para desarrollar proyectos energéticos empleando como combustible la biomasa de origen forestal excedentaria.

De esta manera municipios como Cuéllar, donde se puso en marcha la primera red de calefacción centralizada alimentada con biomasa forestal en España (y que sigue funcionando ordinariamente), o Coca, donde existe una Política Energética Municipal cuyo principal objetivo es la sustitución de fuentes de energía tradicionales por otras más eficientes y sostenibles; constituyen excelentes ejemplos de como el aprovechamiento sostenible de los recursos locales pueden reportar múltiples beneficios socioeconómicos y ambientales a las comunidades de su entorno.



*Mecanización total de la obtención de biomasa: máquina cosechadora de biomasa.
Fuente: Ayuntamiento de Coca.*

Caso de éxito: calderas de biomasa en instalaciones y edificios municipales en Coca (Segovia).

El municipio de Coca, inmerso en una importante masa de pinar, ha aprovechado de forma eficiente sus recursos forestales para abastecer de energía a la mayor parte de las instalaciones y edificios municipales.

El Ayuntamiento de Coca, con algo más de 2.000 habitantes, instaló su primera caldera de biomasa en el año 2003 en la casa consistorial, en sustitución de la de gasóleo que operaba hasta la fecha.

Dado el éxito que tuvo dicha experiencia, el Ayuntamiento decidió implantar calderas de biomasa en prácticamente todas las instalaciones municipales existentes. Actualmente, las instalaciones o edificios públicos que funcionan con biomasa en Coca son las siguientes:

- ▶ Casa de Villa y Tierra.
- ▶ Colegio público comarcal.
- ▶ Centro de educación de adultos comarcal.
- ▶ Centro de actividades acuáticas (que incluye piscina).
- ▶ Parque de bomberos.
- ▶ Instituto de bachillerato.
- ▶ Polideportivo.
- ▶ Centro forestal.



*Parque de bomberos, una de las instalaciones que aprovechan energéticamente la biomasa forestal en Coca.
Fuente: Ayuntamiento de Coca.*



Astillado de la madera.
Fuente: Ayuntamiento de Coca.

La reducción anual del gasto en combustible, según los cálculos de la propia Corporación Local, se estiman en más de un 86%, lo que les ha permitido disminuir considerablemente su endeudamiento. Es importante mencionar también otro de los grandes beneficios de la implantación masiva de la biomasa en este municipio: el decremento en más de un 28% las emisiones de CO₂, un 8% más de lo que marca la Unión Europea para 2020.

Tipo de Combustible	Casa de Villa y Tierra	Colegio Comarcal	Centro de Educación de Adultos	Centro de Actividades Acuáticas	Total
Gasóleo Calefacción	14.082,47 €	25.501,17 €	4.170,54 €	22.534,80 €	66.288,98 €
Biomasa	1.935,70 €	3.505,16 €	573,17 €	3.096,59 €	9.110,62 €
Diferencia	12.146,77 €	21.996,01 €	3.597,37 €	19.438,21 €	57.178,36 €
Porcentaje de reducción de gastos					86,26%

Cuadro comparativo de gastos en gasóleo y en biomasa (en euros) para el año 2008.

Fuente: Ayuntamiento de Coca.

Tipo de Combustible	Casa de Villa y Tierra	Colegio Comarcal	Centro de Educación de Adultos	Centro de Actividades Acuáticas	Total
Gasóleo Calefacción	41,14 t	74,50 t	12,18 t	65,83 t	193,65 t
Biomasa	29,28 t	53,02 t	8,67 t	46,84 t	137,81 t

Cuadro comparativo de emisiones de CO₂ de la caldera de gasóleo y de la biomasa.

Fuente: Ayuntamiento de Coca.

Caso de éxito: Red de calefacción centralizada alimentada con biomasa en Cuéllar (Segovia).

Situado en el nordeste de la provincia de Segovia, en una zona rodeada de pinares donde la actividad forestal tiene un carácter tradicional, el municipio de Cuéllar ha sido el escenario de una iniciativa pionera en el aprovechamiento energético de biomasa en nuestro país.

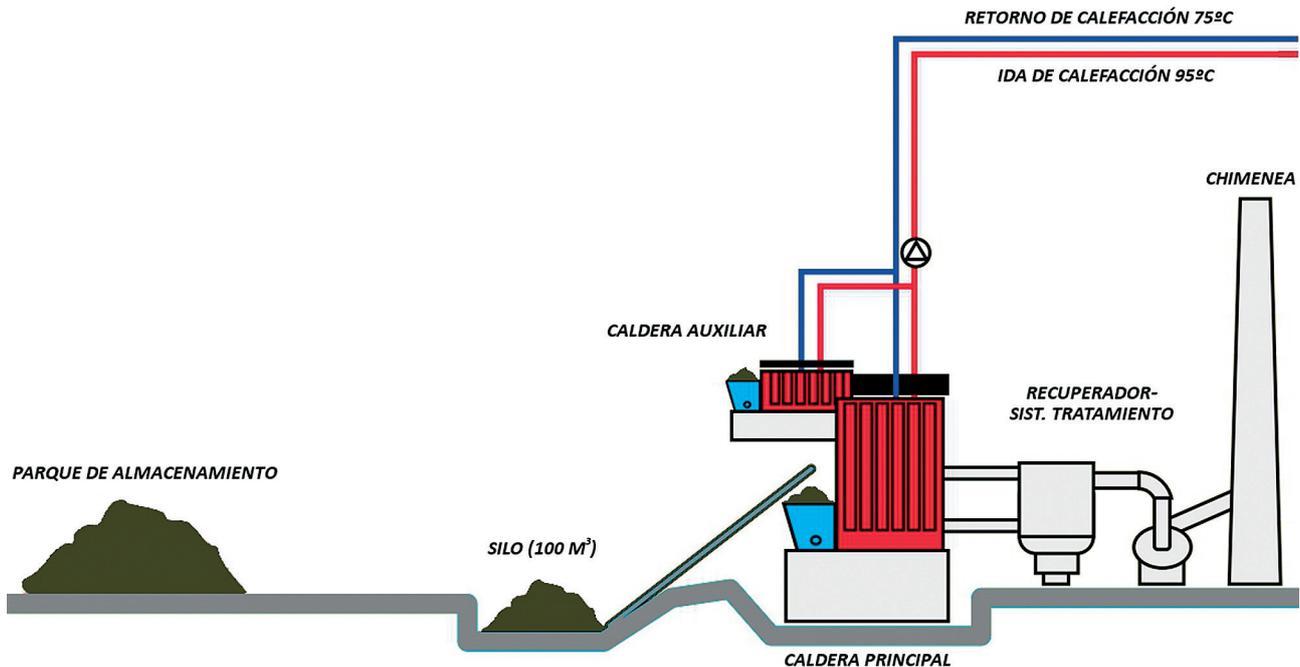
A partir de un estudio de viabilidad realizada por el IDAE en 1996, se determinó que esta localidad de algo más de 9.000 habitantes era una candidata idónea para el desarrollo de una red de calefacción centralizada, debido especialmente a sus características climatológicas y a la disponibilidad de un recurso biomásico de calidad (residuos forestales).

Así, gracias a la colaboración del Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), el Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN) y el Ayuntamiento de Cuéllar, la planta entra definitivamente en funcionamiento en septiembre de 1999. Desde entonces, estas instalaciones se han caracterizado por su fiabilidad, suministrando calefacción y ACS a:

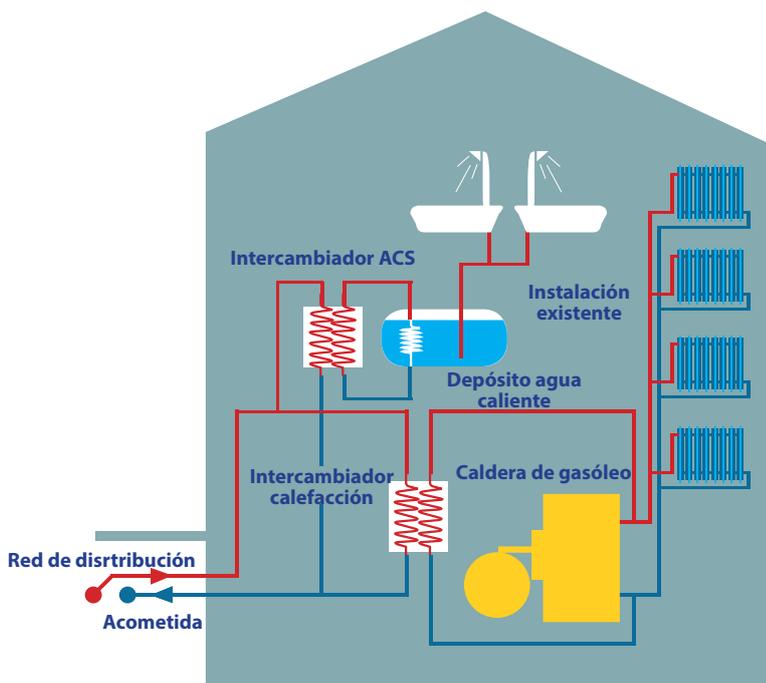
- Un barrio formado por varios bloques de viviendas colectivas (unos 1.000 habitantes).
- Un centro escolar con 600 alumnos.

- Un pabellón polideportivo cubierto.
- Un centro cultural.

En cuanto al funcionamiento del sistema, el Ayuntamiento de Cuéllar se encarga del suministro de biomasa, consistente en 3.000 t anuales entre cortezas de pino, restos forestales obtenidos directamente del monte, restos de piña y otras biomásas (algún resto agrícola, serrines, etc.). El combustible se almacena en un parque de unos 2.000 m², para permitir acumular biomasa en determinadas épocas del año.



Esquema de la central térmica del sistema de calefacción centralizada en Cuéllar.
Fuente: IDAE, 2002.



Esquema de conexión a usuarios del sistema de calefacción centralizada en Cuéllar.
Fuente: IDAE, 2002..

De aquí pasan a un depósito de 100 m³ desde el que se alimenta directamente a las calderas mediante unas cintas transportadoras. La caldera principal cuenta con una potencia de 5.233 kWt y abastece de calefacción y ACS en los meses de invierno, mientras que la auxiliar es de 698 kWt y abastece de ACS en verano. También se cuenta con grupos motobombas, para impulsar el agua calentada en las calderas hacia los usuarios, así como otros sistemas auxiliares.

Finalmente, la distribución al consumidor se establece mediante una red de doble tubería (ida y vuelta) de acero al carbono, preaislada con poliuretano, que discurre enterrada a 1 m y posee un recorrido de 2,7 km. Para cada punto de consumo, se dispone de un inter-

cambiador agua-agua, para calefacción, y un interacumulador, para ACS; además de elementos auxiliares (válvulas, contador energético, etc.).

Al margen de los beneficios medioambientales y sociales del empleo de biomasa, la puesta en marcha de este sistema de calefacción ha supuesto otras ventajas considerables para los usuarios, como son la reducción de un 10% en los costes, la posibilidad de mantener más horas de calefacción o la comodidad de no tener que manipular y almacenar combustibles.

Asimismo, cabe destacar el papel primordial que juega el consistorio local en el éxito de esta iniciativa, ya que es el propio Ayuntamiento quien gestiona la planta, paga el combustible, cobra la energía a los usuarios y rentabiliza la inversión en 20 años.

10.1.9.- PRODUCCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODOS DE EDAR EN AGLOMERACIONES URBANAS.

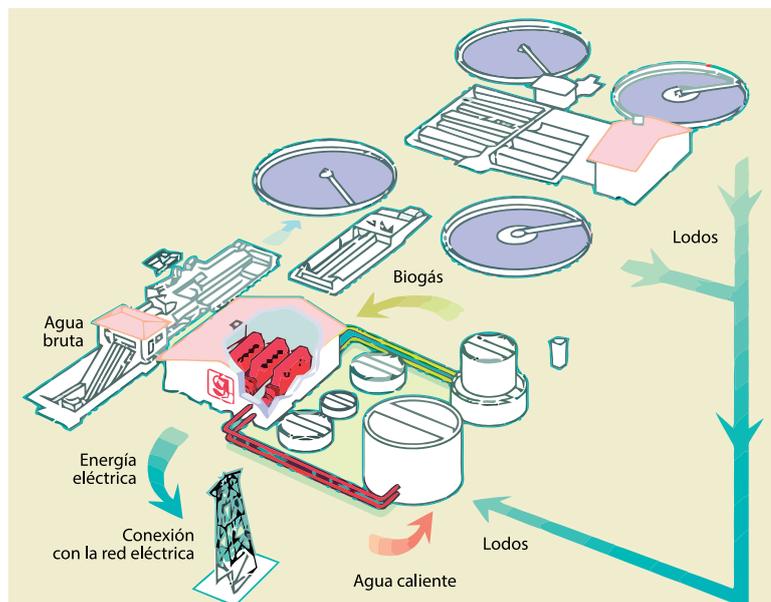
Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) que prestan sus servicios a los distintos asentamientos humanos suponen una importante fuente de producción de biogás a partir de la digestión anaerobia de sus lodos, el cual puede ser empleado, tras la eliminación de los compuestos contaminantes o corrosivos, como combustible en motores especialmente preparados para su consumo, generando calor y electricidad. Así, según especifica el PANER 2011-2020, el potencial energético disponible de biogás procedente de los lodos de EDAR urbanas en España se estima en 123,3 ktep/año.

Asimismo, el incremento del número de EDAR puestas en funcionamiento en España durante las últimas décadas, ha supuesto un aumento simultáneo en la cantidad de lodos resultantes del proceso de depuración, cuyo destino puede resultar un problema debido a las restricciones de carácter medioambiental. En este sentido, la digestión anaerobia y posterior valorización energética de estos "desechos" supone una de las soluciones más atractivas de cara a su gestión, posibilitando además el uso del material resultante del proceso (digestato) como fertilizante agrícola.

Usualmente, las infraestructuras para la generación y aprovechamiento del biogás procedente de lodos de EDAR constan de dos partes principales:

► Instalación de generación de biogás: formada por digestores en los que se realiza la fermentación y recoge el gas. Los digestores están conectados entre sí y, a su vez, a un gasómetro, donde queda el biogás presurizado.

► Planta de cogeneración: donde se localizan los sistemas de generación eléctrica, mediante motores adaptados para la combustión de biogás, y de recuperación de calor mediante intercambiadores térmicos. También suele disponerse una torre de refrigeración para disipar todo el calor en caso de emergencia o ausencia de demanda.



Proceso de generación y aprovechamiento de biogás en EDAR.
Fuente: Guascor Power.

Entre los posibles usos a los que puede destinarse el biogás generado se encuentran el aprovechamiento térmico y/o eléctrico del mismo, tanto en la propia planta como su exportación mediante redes de distribución, así como su inyección a redes de gas natural previa purificación del mismo (aumentando su contenido en metano). No obstante, su baja eficiencia energética (aproximadamente 35%) aconseja su empleo en las mismas instalaciones donde se genera, ya sea en procesos que requieran calor (por ejemplo, en el secado de fangos) o en el autoabastecimiento eléctrico.

Caso de éxito: Cogeneración con biogás procedente de la EDAR Guadalete en Jerez de la Frontera (Cádiz).

Aguas de Jerez es una empresa municipal perteneciente al Ayuntamiento de la localidad gaditana de Jerez de la Frontera, entre cuyas funciones se encuentra el saneamiento y depuración de las aguas residuales generadas en su ámbito geográfico.

De esta manera, Aguas de Jerez se encarga de la explotación de la EDAR Guadalete, capaz de atender una carga contaminante de 776.400 hab/equivalentes. Estas instalaciones realizan un tratamiento secundario bioquímico mediante el denominado proceso de fangos activados, complementado con un tratamiento físico-químico previo a la decantación primaria. El tratamiento de los fangos se ejecuta vía digestión anaerobia, con posterior secado parcial de los mismos mediante filtros banda.

A principios de 2001, Aguas de Jerez suscribió un convenio de colaboración con la empresa Endesa Cogeneración y Renovables (ECYR), poniendo en marcha una importante iniciativa (con una inversión cercana a los 480.000 euros) para la mejora del aprovechamiento de las fuentes de energía renovables.

A través de dicho acuerdo se establecía que Aguas de Jerez suministraría biogás desulfurado procedente del proceso de depuración de las aguas residuales de la EDAR Guadalete a ECYR, quién se encargaría de operar las instalaciones implantadas para la producción de energía térmica y eléctrica (cogeneración).

La estación de cogeneración consigue que el biogás producido en los digestores de la EDAR, pueda emplearse en motores de combustión interna generadores de energía eléctrica, que es incorporada a la red eléctrica nacional. Asimismo, el calor generado durante la combustión puede recuperarse y ser empleado para seguir calentando los lodos que se producen en la depuradora, o en la deshidratación de los fangos producidos.

Cogeneración con biogás – EDAR Guadalete	
Potencia instalada (MW)	0,5
Horas de funcionamiento (h/año)	-
Grupo/Subgrupo/Categoría	b.7.1 (*)
Combustible	Biogás (EDAR)
Aplicación	Cogeneración

Nota: (*) Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 661/2007.

Características del sistema de cogeneración con biogás de la EDAR Guadalete.

Fuente: APPA, 2011.

Antes de disponer de la planta de cogeneración, el biogás producido en los digestores de la EDAR se aprovechaba tan sólo en un 50% para el calentamiento de los lodos en el proceso de digestión. El resto se quemaba en una antorcha sin aprovechamiento energético alguno, ocasionando además emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso (SO₂) y carbónico (CO₂).

10.1.10.- CLIMATIZACIÓN CON BIOMASA EN PISCINAS MUNICIPALES

Entre las instalaciones deportivas municipales que pueden beneficiarse del empleo de biomasa térmica, las piscinas ocupan una posición preferente dado el aporte energético que necesitan para prolongar su uso fuera de la temporada de baño.

De esta manera, mediante el empleo de calderas adaptadas a cada caso concreto (dimensiones, potencia, combustible, horas de funcionamiento, etc.) es posible suministrar calor para mantener el agua del vaso de la piscina y el recinto cubierto a la temperatura adecuada, además de ACS para las duchas.

En la última década, la climatización de piscinas públicas con biomasa se ha convertido en una práctica muy extendida en nuestro país, tanto en instalaciones de nueva construcción como en aquellas que han optado por sustituir sus antiguos equipos alimentados por combustibles fósiles. A este respecto, cabe decir que estos proyectos no presentan una componente geográfica que aconsejen su desarrollo en ámbitos territoriales concretos, si bien siempre será recomendable analizar la disponibilidad de recursos locales que garanticen el suministro y un precio competitivo frente a otras alternativas energéticas.

Caso de éxito: Climatización de piscinas públicas con biomasa en distintas zonas de España.

A modo de ejemplo, la tabla siguiente recoge las características básicas de diversas instalaciones públicas que disponen de piscinas climatizadas con biomasa, distribuidas por todo el territorio español:

Localidad	Potencia Caldera	Combustible	Uso
Molina de Segura (Murcia)	100 kW	Astillas de madera	Vaso/ACS
Miajadas (Cáceres)	150+220 kW	Pellets y hueso de aceituna	Vaso/Calefacción/ACS
Jerez de la Frontera (Cádiz)	2x290 kW	Pellets	Vaso/Calefacción/ACS
Puente Genil (Córdoba)	3x100 kW	Hueso de aceituna	Vaso/Calefacción/ACS
Arévalo (Ávila)	500 kW	Policombustible	Vaso/Calefacción/ACS

*Características básicas de diversas piscinas municipales climatizadas con biomasa.
Fuente: Elaboración propia.*

10.1.11.- USO DE BIOCARBURANTES EN TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

El biodiésel es un combustible líquido obtenido a partir de productos agrícolas (aceite vegetal) y se plantea como una alternativa ecológica al gasóleo de automoción, ya que no sólo elimina una buena parte de sus emisiones contaminantes, sino que también mejora el rendimiento de cualquier motor diésel convencional. Uno de los mayores potenciales para su uso son las flotas de transporte público urbano.

Casos de éxito: ejemplos de uso de biocarburantes en transporte público urbano.

A continuación, se exponen algunas experiencias sobre el uso de biodiésel en transporte urbano:

- **Madrid:** la Empresa Municipal de Transportes de Madrid es una sociedad anónima, propiedad del Ayuntamiento de Madrid, encargada de la prestación del servicio de transporte público urbano colectivo de superficie mediante autobús en la ciudad de Madrid.

El compromiso de la EMT es prestar un servicio público de transporte eficaz y eficiente con los más altos estándares de calidad. En ese sentido, la EMT está sometida a un continuo proceso de modernización y de mejora de su flota de autobuses y sus sistemas y equipamientos de gestión. La EMT desarrolla su actividad con especial atención a todo lo relacionado con la protección del medio ambiente y la eficiencia energética. La EMT se compromete a la protección del Medio Ambiente mediante la mejora del servicio, reduciendo el volumen de gases contaminantes emitidos por los vehículos a la atmósfera, a través del empleo de energías alternativas -GNC, biodiésel y tracción eléctrica- y mediante la renovación continua de la flota, sustituyendo los vehículos más antiguos por unidades nuevas.

La Empresa Municipal de Transportes cuenta con una flota de 2.095 autobuses, de los cuales 1.413 están propulsados por biodiésel, 5 por bioetanol, 20 por tracción eléctrica y 657 autobuses son movidos por Gas Natural Comprimido, convirtiendo a la EMT en una de las empresas con más unidades propulsadas por GNC de Europa.

Los autobuses que funcionan con biocarburantes se encuadran dentro de un proyecto puesto en marcha por la EMT y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

- **Murcia:** a mediados del año 2008, entraron en funcionamiento los tres primeros autobuses urbanos que utilizaban biodiésel b10 (mezcla de biodiésel hasta el 10%) en la región de murcia. Se trataba de un proyecto dentro del plan europeo Bio-Nett, el cual formaba parte de la estrategia local contra el cambio climático fruto de un acuerdo con la Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Desarrollo, la Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia (ARGEM) y la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Murcia.

A mediados del 2009, la comisión de seguimiento del proyecto de uso de combustibles renovables en los autobuses urbanos de Murcia, formada por el Ayuntamiento de Murcia, ALEM, la Agencia Local de Energía y Cambio climático, ARGEM y LATBUS, aprobó elevar la mezcla de biodiésel hasta el 20% (biodiésel B20) en vista de los buenos resultados de la experiencia.

Desde entonces, en Murcia, prestan servicios varios autobuses que funcionan con biodiésel.

- **Valencia:** la empresa municipal de transportes de valencia, es el organismo gestor que explota la red de autobuses públicos urbanos de la ciudad de valencia y es dependiente del ayuntamiento de valencia. Alcanzar las máximas cotas de calidad en el servicio, mejorando la frecuencia, la comodidad y la seguridad de los viajeros, así como la presentación de un parque de autobuses que lleven incorporados los últimos avances tecnológicos, son los principales objetivos que persigue la EMT.

La EMT, dentro de su política de preservación del medioambiente, cuenta en su flota de autobuses con vehículos propulsados por gas natural comprimido (GNC), hidrógeno y biodiésel. Los 15 primeros autobuses biodiésel incorporados a su flota, lo hicieron en septiem-

bre del año 2009, y a partir de ese instante, la EMT disponía ya de una flota cien por cien ecológica. La incorporación de estos autobuses contribuyó en gran medida a la mejora de la calidad del aire de Valencia, constituyendo una fuente de energía renovable e inagotable dado su origen vegetal, que reduce la dependencia de los combustibles fósiles y facilita el cumplimiento de la estrategia europea para la movilidad sostenible.

En septiembre de 2010, la flota de autobuses que utilizaba el Biodiésel B10 pasó a usar el Biodiésel B20, hecho que redujo todavía más los daños al medio ambiente, puesto que dejaron de emitirse a la atmósfera 2.300 toneladas de CO₂". Este biocombustible es alternativo a los combustibles fósiles, obtenido de materias primas renovables y está incluido en la estrategia europea de movilidad sostenible.

- **Tarragona:** la empresa municipal de transports de Tarragona, en adelante EMT, está comprometida con el medio ambiente y la sostenibilidad, por eso para minimizar el impacto medioambiental, apuesta por la renovación de la flota de autobuses, por la aplicación del sistema de gestión ambiental según la norma UNE ISO 14001 y gestiona los residuos que se generan.

Una de las prioridades de la EMT es reducir la contaminación, por eso cuenta con una flota de autobuses joven, con una media de 4 años, y además, participa en foros internacionales para estar al día de la utilización de nuevas tecnologías y nuevos combustibles como el gas natural comprimido (GNC), la tecnología híbrida, los vehículos eléctricos y el biodiésel.

Desde mayo de 2012, parte de la flota de autobuses funciona con biodiésel gracias a un acuerdo con Repsol para experimentar con este combustible natural que permite un mayor ahorro económico y ecológico. Así, Tarragona bebe de otras experiencias pioneras en España, como las de Valencia o Madrid, mencionadas anteriormente, y da un paso más hacia una movilidad más sostenible. Todo ello se desarrolla bajo el paraguas del proyecto de Smart City para convertir la capital tarraconense en una ciudad inteligente, ante la celebración de los Juegos Mediterráneos de 2017.

- **Sevilla:** la Empresa de Transportes Urbanos de Sevilla, Sociedad Anónima Municipal (TUS-SAM), constituida por el Excmo. Ayuntamiento de Sevilla, apuesta por reducir los niveles de contaminación medioambiental y contribuir a la consecución de una ciudad más habitable y sostenible. El transporte colectivo representa frente al vehículo privado, menor congestión y contaminación atmosférica y mayor eficacia energética. Queda así plenamente justificada la adquisición de vehículos que usen como combustibles fuentes de energía más limpias, del tipo de Gas Natural Comprimido o Biodiésel, Bioetanol y, en cualquier caso que cumplan siempre la normativa europea más estricta de emisiones de gases y partículas contaminantes.

TUSSAM ha asumido un fuerte compromiso por la reducción del consumo de combustibles fósiles y, por ende, de las emisiones contaminantes a la atmósfera, evidenciándose esta apuesta a través de un aumento en la utilización de combustibles sostenibles. Así, la flota de autobuses de TUSSAM utiliza, cada vez en mayor volumen, combustibles tales como el biodiésel o el gas natural comprimido. También cabe destacar, la participación de la empresa en un proyecto de investigación para la utilización de bioetanol como combustible, así como la apuesta por incorporar vehículos eléctricos a la flota.

El precio del biodiésel actualmente es prácticamente igual al del gasóleo (ya que cuenta con la exención fiscal del impuesto de hidrocarburos), pero es muy posible que a medio plazo y por motivos medioambientales pueda tener un precio inferior.

En una primera fase que se realizó durante el año 2005 se probaron cuatro autobuses durante un período de un año. Se realizó un seguimiento y estudio del comportamiento de dichos vehículos y su comparación con vehículos de la misma serie utilizando gasóleo. El combustible utilizado fue biodiésel B15 proveniente de aceites usados, y las conclusiones de esta prueba fueron que el uso del biodiésel aumenta muy ligeramente el consumo de combustible por debajo del 3%, y respecto a su incidencia en el mantenimiento del vehículo, parece ser beneficioso para el motor, al disminuir su consumo de aceite. El índice de averías de los cuatro vehículos fue similar al del resto de la flota. A partir de Marzo de 2006 se comenzó una prueba de biodiésel a mayor escala, con la utilización de 30 autobuses. Las conclusiones del estudio fueron las mismas que las obtenidas con la prueba piloto anterior y se tomó la decisión de comenzar la Fase 3 de implantación de biocombustibles, consistente en aumentar el número de vehículos en servicio. Dicha tercera fase de implantación comenzó en Mayo de 2007, fecha en la que se incorporaron al uso de biodiésel 30 vehículos adicionales. Los resultados de esta tercera fase a gran escala fueron positivos, confirmándose las mismas conclusiones que se habían obtenido en los estudios anteriores. Por este motivo se tomó la decisión de que a partir de Marzo de 2009, la totalidad de la flota de autobuses con motores diésel pasaran a usar biodiésel B15, aunque también se mantiene un criterio de optimización en la compra de combustible, de forma que opcionalmente si el precio del biodiésel fuera excesivo se puede compatibilizar el uso de gasóleo convencional con el de B15.

Esta apuesta de TUSSAM por la utilización de biocarburantes en la flota de autobuses está suponiendo una reducción de 181,8 Tn./año de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

TUSSAM participa en un proyecto de investigación sobre el desarrollo y prueba en vehículos de un nuevo biocombustible formado por una mezcla de Bioetanol y de gasóleo que se denomina e-diésel. Este nuevo biocombustible presenta las ventajas de disminuir la contaminación emitida y de sustituir un determinado porcentaje del combustible fósil convencional por una fuente de energía renovable. Se trata de un proyecto CENIT que es concedido por el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Investigación) y se denomina I+DEA (Investigación y Desarrollo del Etanol en Automoción). Está liderado por la empresa Greencell (del grupo Abengoa) y en él participan un gran consorcio de 25 empresas y organismos públicos de investigación. La duración del proyecto es de cuatro años y representará para todos un esfuerzo continuado en I+D+i. El proyecto generará un importante impulso para la industria biotecnológica, agraria, de biocarburantes y del automóvil en España, y permitirá mejorar el comportamiento ambiental de flotas de vehículos. El alcance del proyecto abarca el ciclo completo del bioetanol, producción de materias primas (cultivos energéticos) y enzimas (biotecnología), tecnologías de transformación a partir de productos agrícolas, y su empleo posterior en motores, y permitirá posicionar a la industria española como líder en todos los aspectos relativos al mismo. Gracias al proyecto I+DEA se va a generar conocimiento en un área en la que los avances tecnológicos son necesarios para permitir incrementar la capacidad de producción de bioetanol de forma sostenible y competitiva. Este biocarburante, limpio, renovable y que disminuye las emisiones de CO₂ y de contaminantes locales, es fundamental para cumplir con los objetivos fijados por la Comisión Europea en su Directiva 2003/30/CE de sustitución de carburantes fósiles.

10.1.12.- PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES VEGETALES USADOS EN ÁREAS URBANAS

Además de suministrar calor y/o electricidad, la biomasa puede emplearse para la síntesis de biocombustibles líquidos como el bioetanol o biodiésel, los cuales pueden integrarse junto a los combustibles líquidos convencionales, siendo la automoción su orientación principal hasta la actualidad.

De ellos, es el biodiésel el que posee una mayor implantación en nuestro país. Así, la capacidad de producción instalada en España para este combustible ascendió hasta 4.318.400 t (47 plantas) a finales de 2010 (IDAE, 2011). El desarrollo de estas iniciativas ha tenido especial relevancia durante los últimos siete años, periodo en el cual se ha implantado el 90% de la capacidad de producción de biodiésel actual.

El empleo de biodiésel posee grandes ventajas frente al uso de combustibles de origen fósil, tanto para la vida útil del motor donde es consumido (mayor lubricidad, mejor combustión, punto de inflamación más elevado), como desde el punto de vista medioambiental (menores emisiones contaminantes, mayor velocidad de degradación, menor inflamabilidad).

Entre las ventajas ambientales cabe hacer mención especial al reciclaje de aceites vegetales usados, que mediante un proceso químico denominado transesterificación dan lugar a la síntesis de biodiésel, lo que favorece la adecuada gestión de un residuo muy común y contaminante que podría verterse sin control, llegando a ríos y mares a través de los sumideros.

Por ello, las áreas urbanas, donde se generan gran cantidad de estos residuos, constituyen zonas propicias para el desarrollo de proyectos que permitan la valorización de los mismos, mediante su transformación en un carburante alternativo, más limpio y seguro. Entre estas actuaciones, cabe destacar la planta de Stocks del Vallés, precursora en la producción industrial de biodiésel en nuestro país.

Caso de éxito: Planta de producción industrial de biodiésel Stocks del Vallés en Montmeló (Barcelona).

Como se ha comentado, el sector de los biocombustibles se encuentra en plena fase de despegue. En este panorama destaca por su carácter pionero la planta de producción de biodiésel situada en Montmeló (Barcelona), propiedad de Stocks del Vallés S.A. Puesta en marcha en marzo de 2002, se trata de la primera planta del estado español que empezó a producir biodiésel, y la segunda en el mundo que utiliza como materia prima aceite usado de freír.

Aunque en un primer momento la planta fue diseñada para producir 6.000 t al año de biodiésel a partir de aceites usados de oliva, girasol y otras semillas comestibles (suministrados por gestores autorizados), en 2006 amplió su capacidad productiva hasta las 31.000 t/año actuales, incluyendo a las grasas animales como nuevas materias primas en el proceso, lo que supuso un nuevo hito tecnológico en su categoría.



Planta de producción de biodiésel de Stocks del Vallés
Fuente: IDAE.

Stocks del Vallés sólo utiliza como materia prima los productos y subproductos no destinados al consumo humano, por lo que el biodiésel obtenido se considera de segunda

generación y sostenible. El 80% de su mercado se concentra en Cataluña y el 20% restante se reparte en el resto de comunidades autónomas españolas.

10.1.13.- APROVECHAMIENTO DE RESTOS DE PODAS PROCEDENTE DE PARQUES Y JARDINES MUNICIPALES

Los espacios verdes urbanos generan una gran cantidad de residuos vegetales como resultado de las tareas de poda y mantenimiento de las masas arbóreas y arbustivas presentes en dichas zonas.

La gestión de estos restos puede suponer un problema para los municipios donde se generan, optándose en muchos casos por su transporte y disposición en lugares habilitados al efecto (puntos limpios, vertederos, etc), desaprovechando el potencial de un recurso que aun posee amplias opciones de valorización. Entre ellas cabe destacar el aprovechamiento energético de los mismos, a través de su tratamiento y disposición para su uso como combustible, sustituyendo a los tradicionales de origen fósil, más caros y contaminantes.

En España existen diversas iniciativas que emplean los restos de podas y de otros tratamientos efectuados en las zonas verdes urbanas, ya sea de manera exclusiva o junto a otros tipos de biomasa, para generar energía renovable de origen local, contribuyendo a la reducción de la dependencia energética del exterior.

Caso de éxito: Aprovechamiento energético con restos vegetales de poda en el municipio de León.

El Ayuntamiento de León, consciente por una parte del importantísimo gasto en energía que le suponen sus largos y duros inviernos, y por otra del potencial que tienen los restos derivados de la poda de su arbolado urbano, ha apostado decididamente por el aprovechamiento energético de la biomasa que la propia Corporación Local genera.

De todo el arbolado ornamental del municipio, el 60% es de hoja caduca, y de éste porcentaje un 40% son plátanos de sombra. El gran volumen de restos de poda de esta especie arbórea (1.432,5 t anuales), llevó a que el Ayuntamiento proyectara la construcción de una planta de biomasa basada exclusivamente en su aprovechamiento. En el gráfico que se presenta a continuación se observa el proceso completo, que abarca desde la producción del resto de poda hasta el autoconsumo del biocombustible por parte de las calderas municipales.



Aprovechamiento energético de restos de poda en León. Fuente: Ayto. de León.

Con esta iniciativa, actualmente en fase de proyecto, el Ayuntamiento de León pretende cumplir tres objetivos fundamentales:

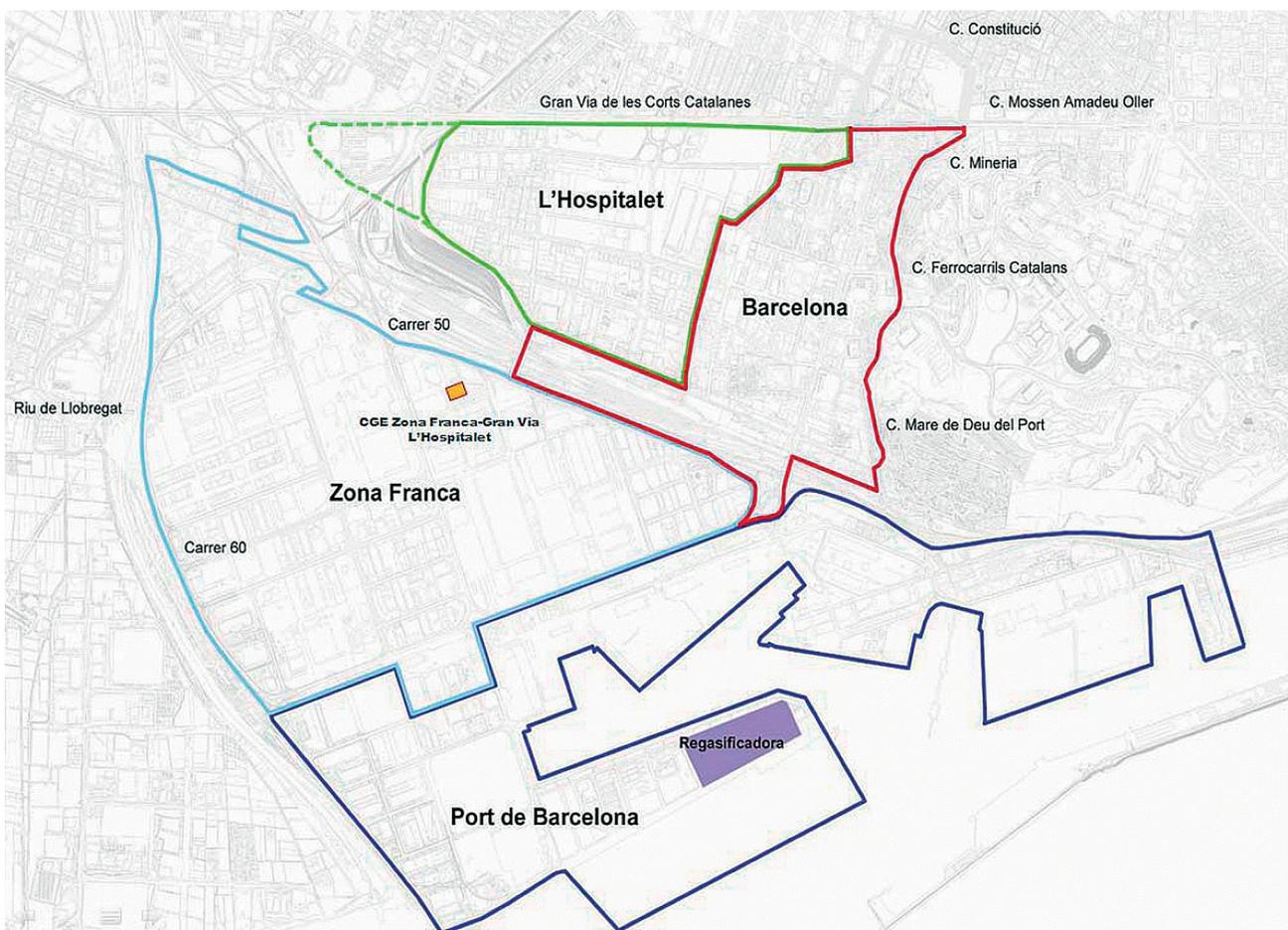
- **Rentabilidad económica:** una Corporación Local debe ejecutar proyectos que no sean gravosos para las arcas municipales, consiguiendo que se autosostenga por si mismo. Según los cálculos realizados, el umbral de rentabilidad se consigue a partir de las 1.000 t, con un plazo de recuperación de seis años.

- Rentabilidad ambiental: se cierra el ciclo de CO₂. El CO₂ que emiten las calderas es el que absorben los árboles que posteriormente se podan y generan biomasa.
- Rentabilidad social: una correcta gestión de las zonas verdes, gracias a una gestión sostenible a través del empleo de recursos locales, beneficia a todos.

Caso de éxito: Central de Generación de Energías de la Zona Franca- Gran Vía L'Hospitalet (Barcelona).

Inaugurada en marzo de 2011, la central de biomasa de la Zona Franca de Barcelona constituye la primera fase de la futura Central de Generación de Energías Zona Franca-Gran Vía L'Hospitalet. Construida sobre los terrenos de la antigua central térmica de SEAT, esta planta de biomasa convertirá los restos forestales y de jardinería de las zonas verdes de la ciudad en energía renovable.

Así, la central tiene previsto el tratamiento de 28.600 t/año de recursos, de los que entre 10.000 y 14.000 t serán de verde urbano, procedente de la poda de árboles, y el resto vendrá del aprovechamiento de residuos forestales. Tras su recepción y trituración, la biomasa es dispuesta para su combustión en las calderas, obteniendo vapor de agua que será empleado para la generación eléctrica de unos 16.000 MWh anuales. Más adelante, una vez sea efectiva la conexión de la central a la red de calor y frío prevista, la instalación producirá agua caliente reduciendo su producción eléctrica en función de la demanda de calor.



Ámbito geográfico de la Central de Generación de Energías.
Fuente: Ayuntamiento de Barcelona.

Como se ha comentado, esta planta de biomasa forma parte del complejo energético denominado Central de Generación de Energías Zona Franca-Gran Vía L'Hospitalet, una iniciativa pionera

que incluirá además una planta de reaprovechamiento de frío residual de la regasificadora del puerto, equipos de alta eficiencia y una central de energía solar fotovoltaica. Se prevé que esta infraestructura entre definitivamente en funcionamiento en 2019, aportando el 1% de la demanda energética de la ciudad al tiempo que evitaría la emisión de 13.400 t de CO₂ cada año.

Con una inversión cercana a los 100 millones de euros, la Central de Generación de Energías ha sido promovida Ayuntamiento de Barcelona con el apoyo de la Generalitat de Cataluña y el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Su gestión correrá a cargo de la sociedad Ecoenergíes Barcelona Sud, constituida por Dalkia Energía y Servicios S.L y participada por el Ayuntamiento de Barcelona, como responsable del proyecto.

10.1.14.- USO DE PELLET DE LA MADERA EN INSTALACIONES PÚBLICAS EN LA COMARCA DE OSONA (BARCELONA)

La comarca de Osona, con 51 municipios y alrededor de 1.260 km², está situada en la provincia de Barcelona con la excepción de tres municipios gerundenses. Esta comarca, que posee cerca de un setenta por ciento de su superficie cubierta por zonas forestales, tiene un potencial bioenergético muy destacado.

Según datos de la Agencia Local de la Energía de Osona (2011), hay 17 instalaciones de calderas de biomasa en edificios públicos, con 2,9 MW térmicos de potencia instalados, un consumo energético en biomasa de unos 4 millones de kWh (equivalente a unas 1.000 t de biomasa al año), 13 municipios con instalaciones de biomasa, y una instalación de district heating de biomasa que produce calor a edificios públicos y privados (5 MW de potencia).

Así mismo, existe una fábrica de pellet en la comarca, lo que ha facilitado enormemente la implantación del uso de la biomasa en las distintas instalaciones municipales. Esta planta, situada en el municipio de San Martín d'Albars, fue la primera de este tipo que se instaló en Cataluña.

Caso de éxito: producción de calor con pellet de la madera en instalaciones del Ayuntamiento de Vic (Barcelona).

Vic, capital de la comarca de Osona, elaboró en 2009 un Plan de Acción para la Energía Sostenible. En este Plan se recogen varias acciones relacionadas con la biomasa, que con su puesta en marcha han potenciado el aprovechamiento energético de la biomasa en instalaciones públicas.

Actualmente hay dos instalaciones municipales que hacen uso de la biomasa como combustible. La primera de las dos, ubicada en el pabellón municipal de deportes e instalada en el año 2008, cuenta con cuatro calderas de biomasa con una potencia calorífica nominal de 56 kW. La segunda instalación se hizo en el año 2010 en la escuela de artes visuales, contando con una caldera de 350 kW de potencia calorífica nominal.

Por otra parte, el Ayuntamiento de Vic, con el apoyo de la Diputación de Barcelona, sacó a concurso público la contratación del suministro de energía y servicio de mantenimiento integral de las instalaciones de biomasa en el complejo de los Trinitaris, un conjunto de edificaciones que incluyen el Colegio de Educación Infantil y Primaria (CEIP) Trinitaris Escuela Infantil, el CEIP Trinitaris Escuela Primaria, la Casa de la Caridad Hotel Entidades y la Casa de la Caridad Orfeó Vigatà. La novedad de dicha licitación es que ha sido la primera efectuada en Cataluña de este tipo con modalidad de Empresa de Servicios Energéticos (ESE) y contrato mixto de suministro y servicios. En el contrato se incluía la gestión energética, la gestión del suministro de combustible y la construcción, la financiación y el mantenimiento de la central de biomasa.

Como instalaciones futuras que aprovechen energéticamente la biomasa, el Ayuntamiento de Vic prevé la sustitución de las dos calderas de gasoil de 325 kW existentes en el CEIP Escuela J. Salarich.

10.2.- PROYECTOS TIPO DE INSTALACIONES PÚBLICAS EN CORPORACIONES LOCALES

En el apartado previo se han presentado distintas tipologías de proyectos potenciales a desarrollar por corporaciones locales, siempre apoyados por experiencias reales, distribuidos por la geografía española. A continuación, se establecen una serie de proyectos tipo de instalaciones públicas en corporaciones locales que utilizan como fuente energética la biomasa. El objetivo de este apartado es poner de manifiesto los parámetros más comunes de este tipo de instalaciones. Los datos a partir de los cuales se han establecido los proyectos tipo están basados en casos reales.

La ejecución de proyectos que doten a los edificios públicos de las Corporaciones Locales de un sistema de aprovechamiento de biomasa, puede ser una experiencia positiva y ejemplarizante para la comunidad local por diversos motivos:

- ▶ El uso de los recursos locales puede generar una sensación de autosuficiencia y realzar la cohesión entre los conciudadanos.
- ▶ Los suministradores de biomasa obtienen una renta adicional, mejorando la economía local.
- ▶ Un edificio público que emplee biomasa en su calefacción puede facilitar la realización de otros proyectos y demostrar la viabilidad de esta fuente de energía. Esto conducirá al establecimiento de una logística de suministro de biomasa y los profesionales locales aprenderán a realizar y mantener tales sistemas.
- ▶ El ayuntamiento gana credibilidad manifestando sus esfuerzos ambientales, ya que la apuesta por el uso de biomasa reduce las emisiones de efecto invernadero sustancialmente.
- ▶ El éxito de un proyecto público de calefacción con biomasa puede ser una buena base para las futuras iniciativas en viviendas particulares, generación de electricidad, transporte u otras aplicaciones ligadas al desarrollo sostenible.
- ▶ Frecuentemente existen apoyos económicos regionales, nacionales o mediante programas europeos que se pueden utilizar para mejorar la viabilidad financiera del proyecto.

Entre las instalaciones de uso público donde se han venido aplicando sistemas de aprovechamiento térmico de biomasa con éxito en España, destacan centros educativos, sanitarios, deportivos (con mención especial a las piscinas cubiertas) y asistenciales. Como es de suponer, estas instalaciones presentan una enorme heterogeneidad en cuanto a sus características técnicas (superficie construida, capacidad de personas, temperatura exterior, temperatura a alcanzar, etc.), siendo conveniente definir, para cada caso, un ejemplo tipo que defina los atributos básicos de cada instalación.

Teniendo en cuenta lo anterior, y tomando como base los datos recogidos en la Fase I, se ha optado por asignar a cada una de las instalaciones mencionadas unas características de partida, a partir de las cuales se ha estimado la potencia necesaria a instalar y, por consiguiente, el consumo de biomasa anual asociado. Estos datos resultarán de especial interés para la realización de estudios comparativos con otros proyectos que pretendan ejecutarse en el futuro.

Aunque los datos aquí recogidos hacen referencia a proyectos tipo con unas características técnicas predefinidas, es importante resaltar que ciertos factores como la tipología concreta de las instalaciones, la disponibilidad de recursos, las necesidades energéticas a cubrir o la zona geográfica donde se ubique, serán decisivos a la hora de establecer la tecnología de aprovechamiento más apropiada, la magnitud del sistema a implantar, el emplazamiento más adecuado de las instalaciones, la periodicidad de las operaciones de mantenimiento, etc.

10.2.1.- CENTRO EDUCATIVO

Dentro de esta categoría se engloba cualquier institución pública donde se imparta educación o enseñanza, ya sea infantil, primaria, secundaria, bachillerato, centro de adultos, etc. El uso más común al que se destina la biomasa en estos centros es para calefacción, por lo que se establece un aprovechamiento térmico del recurso.

Se establece un centro tipo que dispone de seis cursos, tres aulas por curso y treinta alumnos por aula, lo que suma una capacidad total de 540 alumnos. La superficie a calentar asciende a 2.000 m². De acuerdo al calendario escolar y a los meses más fríos del año, el equipo a instalar deberá estar en funcionamiento durante seis meses al año (desde mitad de octubre a mitad de abril), de lunes a viernes en horario de mañana (de 8:00 a 15:00 h).

Considerando que se necesitan unos 0,9 kW para calentar el aire de una habitación de 10 m² (ratio general empleado por distintas empresas de servicios energéticos para alcanzar una temperatura de 23-25°C) la potencia media a instalar alcanza los 180 kW. Aunque se mantiene este valor de potencia estimada, resulta buena práctica aumentar un poco este valor para cubrir posibles periodos de demanda punta.

Conocida pues la potencia necesaria, puede obtenerse el consumo anual multiplicándola por las horas de funcionamiento estimadas al año, que suman un total de 910 horas (7 horas diarias durante 130 días). Así, el consumo anual estimado (a máxima potencia) se eleva hasta los 163,8 MWh (unos 14 tep), unos 27,3 Mwh de consumo medio mensual invernal.

A continuación, se recoge para distintos combustibles su poder calorífico en kWh/kg (si bien, éste puede variar en función de diversos factores como su densidad, humedad, etc.) y, a partir de este valor, una estimación del consumo medio anual que tendrían en el centro educativo descrito (suponiendo un rendimiento de la caldera del 100%):

Combustible	PCI (kWh/kg)	Consumo anual (t)	Consumo medio mensual invernal (t)
Pellet	5,0	32,8	5,46
Astillas	3,6	45,5	7,58
Hueso de aceituna	5,2	31,5	5,25
Cáscara de frutos secos	4,9	33,4	5,56
Leña	4,3	38,1	6,35
Briquetas	5,0	32,8	5,46

Valores estimados de consumo medio anual de biomasa térmica en centro educativo tipo.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.

La elección del tipo de combustible a elegir resulta clave a la hora de decidirse por la instalación de los sistemas de calefacción con biomasa. Así, debe clarificarse qué combustibles están disponibles localmente (existe suministrador o distribuidor cercano), asegurando el suministro a medio-largo plazo con una calidad de la biomasa alta y constante, antes de su establecimiento. Asimismo, en la actual fase de penetración de este mercado, es recomendable acordar los precios para futuros suministros con el comercializador.

Tal y como se observa en la tabla anterior, los huesos de aceituna, briquetas y pellets son los combustibles que mayor poder calorífico presentan, si bien éstos últimos presentan una serie de ventajas tales como su estandarización, bajo contenido en cenizas, disponibilidad durante todo el año (no se trata de biomasa estacional, como el hueso de aceituna); que recomiendan su adopción como biocombustible, con el único inconveniente de su precio, algo más elevado que para otros tipos. En cuanto a las briquetas, su uso es poco frecuente y prácticamente exclusivo para calderas pequeñas y de un grado de automatización medio, ya que hay que introducir leña o briquetas varias veces al día (los días de mayor consumo).

Finalmente, para el rango de potencia necesaria a instalar, se recomienda la instalación de una caldera estándar de biomasa con parrilla móvil. Estas calderas no admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera. Pueden alcanzar rendimientos superiores al 90% y suelen ser automáticas, ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.

10.2.2.- PISCINA MUNICIPAL

Dentro de la aplicación de la biomasa en instalaciones deportivas, las piscinas ocupan una posición preferente debido a la gran cantidad de experiencias positivas desarrolladas en nuestro país durante las últimas décadas.

La aplicación de la biomasa en piscinas cubiertas permite conseguir una temperatura del agua estable, aumentando el periodo de uso y alcanzando una temperatura media superior a 15°C, cubriendo las necesidades de confort en estas instalaciones. Además, el calor generado puede emplearse para calefacción de los edificios anexos a la piscina (vestuarios, restaurantes, etc.), o para cubrir las necesidades de ACS.

Para este caso, se consideran unas instalaciones con una superficie total de 2.000 m², albergando el vaso de la piscina un volumen de 650 m³ (25x10x2,5). El recinto dispone de capacidad para albergar unas 100 personas.

El uso al que se destinará la biomasa consumida será de tipo térmico, e incluirá el calentamiento del vaso de la piscina, calefacción de las instalaciones anexas (aire ambiente de la piscina, recepción, vestuarios, etc) y suministro de ACS para unos 20 servicios de duchas y vestuarios. Se prevé que los equipos de biomasa térmica mantengan su funcionamiento durante 13 horas diarias (de 8 a 21 h) durante todo el año, excepto los lunes que se destinarán a la limpieza de las instalaciones. Asimismo, también debe tenerse en cuenta que el consumo de biomasa variará en función de la época del año.

Según estos datos, la potencia media que se requiere instalar asciende hasta los 235 kW aproximadamente, suma de 180 kW para calefacción, 2,5 kW para ACS (según el Código Técnico de la Edificación, para estas instalaciones se estima una demanda de 15 l/servicio/día) y 50 kW para ca-

lentamiento del vaso de la piscina. Ello implica que, de acuerdo con el horario de funcionamiento estimado, el consumo máximo anual ascendería hasta los 956,2 MWh (lo que supone unas 82 tep).

En términos de consumo de biomasa, asumiendo un máximo rendimiento energético de las calderas, supondría lo siguiente:

Combustible	PCI (kWh/kg)	Consumo anual (t)
Pellet	5,0	191,2
Astillas	3,6	265,6
Hueso de aceituna	5,2	183,9
Cáscara de frutos secos	4,9	195,1
Leña	4,3	222,4
Briquetas	5,0	191,2

*Valores estimados de consumo medio anual de biomasa térmica en piscina climatizada tipo.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

En cuanto a la selección de combustible, se remite a las recomendaciones generales dadas para el caso del proyecto tipo "centro educativo".

Respecto al tipo de caldera, teniendo en cuenta la potencia que se precisa instalar, es recomendable instalar una caldera mixta. Estas calderas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.

10.2.3.- CENTRO ASISTENCIAL

Otra de las instalaciones municipales tipo donde suele emplearse biomasa como combustible son aquellas destinadas a prestar asistencia social, como pueden ser residencias, centros de rehabilitación, de acogida, etc.

Como ejemplo, la instalación tipo definida corresponde a una residencia de ancianos con una superficie construida de 1.200 m² y capacidad para acoger unas 150 personas, considerando la pernoctación de la mitad de ellas (75 camas).

La biomasa consumida se empleará tanto para calefacción del edificio, como para cubrir la demanda de ACS. Los equipos mantendrán un funcionamiento de 12 horas diarias para ambos usos, si bien mientras que el de ACS se prolongará todo el año, para la calefacción se estiman sólo 6 meses. En cualquier caso, el consumo de biomasa variará en función de la época del año que se trate.

Con estos datos, la potencia media que requeriría instalar resulta de sumar 108 kW para calefacción y 34 kW para ACS (considerando que, según CTE, estas instalaciones requieren, de media, unos 55 L de ACS al día por cama), en total unos 150 kW. Si relacionamos estos valores con la demanda anual estimada (4.380 horas para ACS y 2.184 para calefacción), el consumo máximo anual se eleva hasta los 385 MWh aproximadamente (33,1 tep).

Considerando que las calderas empleadas mantienen una eficiencia del 100%, los valores de consumo de biomasa serían:

Combustible	PCI (kWh/kg)	Consumo anual (t)
Pellet	5,0	77,0
Astillas	3,6	106,9
Hueso de aceituna	5,2	74,0
Cáscara de frutos secos	4,9	78,6
Leña	4,3	89,6
Briquetas	5,0	77,0

*Valores estimados de consumo medio anual de biomasa térmica en centro asistencial tipo.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Para la selección de combustible, se remite a las recomendaciones generales dadas para el caso del proyecto tipo "centro educativo".

En cuanto al tipo de caldera, dado que comparte un rango de potencia similar al centro educativo, también se recomienda seguir las indicaciones dadas en dicho caso. Así, se sugiere la instalación de una caldera estándar de biomasa con parrilla móvil. Estas calderas no admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera. Pueden alcanzar rendimientos superiores al 90% y suelen ser automáticas, ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.

10.2.4.- CENTRO CULTURAL O DE OCIO

El aprovechamiento térmico de biomasa también resulta apropiado para suministrar calefacción a cualquier pequeño edificio público de ámbito municipal (con una superficie inferior de 1.000 m²), tales como casas de la cultura, bibliotecas, centros de ocio, etc.

En este caso, se tomará como ejemplo una biblioteca municipal, de 700 m² de superficie construida y con capacidad para albergar unos 50 usuarios.

Como se ha dicho, el uso al que se destina la biomasa en este caso corresponde a calefacción, exclusivamente. Asimismo, se prevé que deberá estar en funcionamiento seis meses al año (de mitad de octubre a mitad de abril), todos los días de la semana en horario de 10 a 21 h.

Al igual que para los casos anteriores, asumiendo que se necesitan unos 0,9 kW para calentar el aire de una habitación de 10 m², se requeriría instalar unos 65 kW de potencia. A máxima potencia, ello supone un consumo estimado de 130 MWh al año (11,2 tep).

Considerando los distintos tipos de biomasa analizados y una eficiencia máxima de los equipos empleados, respecto al consumo anual de combustible estimado tendríamos lo siguiente:

Combustible	PCI (kWh/kg)	Consumo anual (t)
Pellet	5,0	26,0
Astillas	3,6	36,1
Hueso de aceituna	5,2	25,0
Cáscara de frutos secos	4,9	26,5
Leña	4,3	30,2
Briquetas	5,0	26,0

Valores estimados de consumo medio anual de biomasa térmica en biblioteca municipal tipo.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.

Además de las recomendaciones generales dadas para los proyectos tipo anteriores, en este caso para la selección de combustible debería considerarse también el espacio disponible para su almacenamiento, ya que se trata de un recinto pequeño donde posiblemente no pueda disponerse de una habitación exclusivamente para esta función. Normalmente, en estos casos suelen emplearse sistemas de almacenamiento prefabricados, tales como tolvas integradas en las calderas, contenedores exteriores, silos flexibles o depósitos subterráneos. Entre ellas, la que mejor se adapta a las necesidades de potencia estimadas, es el contenedor o tolva exterior.

Dicho esto, para este proyecto concreto se recomienda especialmente el uso de pellets como combustible debido a su elevada densidad, frente a otros que ocuparían más espacio, caso de las astillas por ejemplo.

Por último, las calderas de pellets a condensación constituyen el equipo más adecuado para dar servicio a estas instalaciones. Pequeñas, automáticas y para uso exclusivo de pellets, estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible, bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. Mediante esta tecnología, el ahorro de pellets es del 15% respecto a una combustión estándar, logrando así las mayores eficiencias del mercado, con un rendimiento de hasta el 103% respecto al poder calorífico inferior (PCI).

10.2.5.- CUADRO RESUMEN

A modo de resumen, y con objeto de facilitar el análisis comparativo, la tabla que figura a continuación recoge los parámetros más importantes asociados a cada uno de los ejemplos de instalaciones públicas analizadas en este capítulo:

Proyecto tipo	Capacidad (personas)	Superficie (m ²)	Uso biomasa	Funcionamiento (horas)	Potencia (kW)	Consumo (MWh)	TEP consumidos
Centro educativo	540	2.000	Calefacción	910	180	163,8	14,1
Piscina municipal	100	2.000 Piscina: 650 m ³	Calefacción ACS Piscina	4.069	235	956,2	82,2
Centro asistencial	150	1.200	Calefacción ACS	2.184 4.380	108 34	384,8	33,1
Centro cultural	75 camas	700	Calefacción	2.002	65	130,1	11,2

Parámetros básicos para calefacción con biomasa en diferentes instalaciones públicas tipo.

Fuente: Elaboración propia.

11.- PARÁMETROS ECONÓMICOS DE INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO CON BIOMASA

En términos generales, los costes de inversión para instalaciones que consumen biomasa son superiores a los de aquellas que emplean combustibles de origen fósil. Esto se debe, no sólo a la falta de desarrollo de sistemas de producción en serie para algunos de sus componentes, sino también a las características especiales requeridas por los equipos para poder utilizar biomasa de forma eficiente.

Sin embargo, si se habla de los costes de operación o explotación de plantas de biomasa, frente a las de combustibles convencionales, éstos pueden ser favorables o no. El principal elemento a tener en cuenta para ello es la compra del biocombustible, ya que los costes debidos al suministro de la biomasa varían según la cantidad demandada, la distancia del transporte, y los posibles tratamientos previos para mejorar su calidad (como el secado, el astillado o la pelletización). A ello hay que añadir la disponibilidad del biocombustible, su estacionalidad, y la variación de los precios, íntimamente ligados al comportamiento de las cosechas, en el caso de residuos agrícolas y de la industria agroalimentaria.

Es por esto que, a continuación, se va a realizar un análisis aproximado de los costes asociados al aprovechamiento energético de la biomasa según el uso al que ésta se destine, es decir, si es para uso térmico o eléctrico.

11.1.- PARÁMETROS ECONÓMICOS DE INSTALACIONES DE BIOMASA PARA USO TÉRMICO

Los costes de inversión para instalaciones de biomasa dependen del uso final de la energía, de tal manera que siempre serán más altos para usos térmicos domésticos (alrededor de 450 €/kW, según el IDAE) que para industrias (en torno a los 100 €/kW, según el IDAE).

En cuanto al biocombustible, imputable a los gastos de explotación, cuanto más elaborado, envasado, limpio y fácil de transportar sea, más se encarecerá. En usos domésticos, la diferencia de precio puede oscilar entre los 60 €/t de biocombustible menos elaborado y empleado en grandes redes de calefacción, y los 200 €/t para pellet envasado con destino a calderas o estufas de viviendas unifamiliares.

En los próximos años, se espera que el desarrollo tecnológico y la extensión de los equipos de biomasa para uso doméstico supongan un abaratamiento de los precios y un mejor servicio en calidad y rapidez. Igualmente, el aprovechamiento en España de residuos con grandes producciones, como el hueso de aceituna o la cáscara de almendra, está permitiendo diversificar el suministro y contribuir a establecer precios más asequibles de biomasa. Por el momento, para el sector doméstico los biocombustibles de mayor eficacia y rendimiento son el pellet y los huesos de aceituna molidos. El precio del pellet es mayor, pudiendo fluctuar hasta más del doble dependiendo de si la adquisición se hace directamente en fábrica o si se compra en hipermercados o gasolineras.

Aunque en España no existe un mercado desarrollado y estable para los biocombustibles, como en algunos países del centro y norte de Europa, hay buenas expectativas para su crecimiento. La calefacción en edificios puede favorecer el desarrollo de un mercado más competitivo en lo que se refiere a la materia prima.

En usos industriales, la demanda de mayores cantidades de biocombustibles con menos requisitos de calidad (uso de calderas menos automatizadas, más robustas, y menor demanda de calidad

en el servicio por parte del usuario) reduce notablemente el precio (alrededor de los 35 €/t), hasta llegar al “coste cero” para aquellas industrias cuyos residuos proceden de la propia actividad industrial, cuando no necesitan de ningún tratamiento previo a su combustión (secado, astillado, etc.).

En la siguiente tabla, se recogen los principales parámetros técnicos y económicos que definen, de forma aproximada, las instalaciones tipo de aprovechamiento térmico de biomasa, en función de su uso industrial, residencial o doméstico.

Parámetros	Instalaciones tipo de aprovechamiento térmico		
	Aplicación térmica industrial	Red de calefacción centralizada	Vivienda unifamiliar
Potencia bruta (kW)	1.000	6.000	25
Rendimiento transformación (%)	80	85	85
Rendimiento transporte (%)		90	
Vida útil (años)	20	20	20
Horas de operación anual (h/año)	5.000	820	1.500
Biomasa consumida (t/año)	1.792 (PCIh=3.000 kcal/kg)	1.580 (PCIh=3.500 kcal/kg)	9,5 (PCIh=4.000 kcal/kg)
Costes biomasa (€/año)	36.000 (84,8 €/tep)	94.800 (224 €/tep)	1.422 (3 €/tep)
Costes explotación y mantenimiento (€/año)	49.000 (114 €/tep)	162.450 (384 €/tep)	-
Inversión (€)	72.740 (73 €/kW)	1.690.000 (282 €/kW)	11.250 (450 €/kW)
Producción energética (tep/año)	430	423	3,8

*Principales parámetros de instalaciones de aprovechamiento térmico de biomasa.
Fuente: IDAE, 2007.*

11.1.1.- COMPARATIVA ECONÓMICA DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN DE BIOMASA CON SISTEMAS DE COMBUSTIBLES CONVENCIONALES

La viabilidad económica del uso de la biomasa en edificios es un hecho objetivo. Pero, para que la biomasa sea la opción elegida, debe haber un atractivo de tipo económico, a igualdad de fiabilidad y seguridad en el servicio.

La ventaja económica principal de la biomasa sobre el gas natural o el gasóleo, y mucho más respecto a los gases licuados del petróleo o la electricidad, radica en el menor coste del combustible y en una mayor estabilidad del precio de éste, al no depender de las fluctuaciones del precio del petróleo. Esta ventaja tiene que equilibrar y prevalecer frente al mayor coste de inversión inicial que supone instalar un sistema de biomasa frente a su equivalente de gas o gasóleo.

Para corroborar esto, se ha analizado, desde el punto de vista económico, el servicio de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificio tipo administrativo de una Corporación Local con las siguientes características:

Datos	Valores
Nº trabajadores	20
Superficie útil (m ²)	600
Nº de plantas	2
Intensidad térmica (W/m ²)	89,6
Consumo ACS (l/persona/día)	5

Características del aprovechamiento térmico en una vivienda unifamiliar tipo.
Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos datos, se han estimado las necesidades energéticas que tendrá la instalación:

Necesidades (kWh año)	Consumo pellet (kg año)	Nº de silos	Volumen silo unitario (m ³)
92.217	21.546	1	15,7

En la tabla siguiente se recogen algunos parámetros energéticos y económicos asociados a diferentes sistemas de calefacción, según el tipo de combustible que utilicen.

Sistema de calefacción	Coste combustible	Rendimiento equipo	Energía térmica producida	Coste energía térmica
Radiador eléctrico	0,1105 €/kWhel *	98%	0,980 kWh/kWhel	0,1127 €/kWh
Caldera gasóleo	1,134 €/l	94%	9,332 kWh/l	0,1215 €/kWh
Caldera gas natural	0,607 €/m ³	92%	10,682 kWh/m ³	0,0568 €/kWh
Caldera pellet	0,250 €/kg	92%	5,127 kWh/kg	0,0487 €/kWh

* Se ha considerado precio medio del kWh tomando como referencia el coste eléctrico publicado en el BOE con fecha de 29/6/2012, en lo referente a TUR con discriminación horaria supervalle.

Costes y energía térmica producida por diferentes sistemas de calefacción según su combustible.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.

Sabiendo que la demanda energética máxima de una instalación administrativa tipo de una Corporación Local asciende a 92.270 kWh/año, el consumo anual y coste máximos asociados para cada tipo de combustible sería el que se recoge en la tabla adjunta.

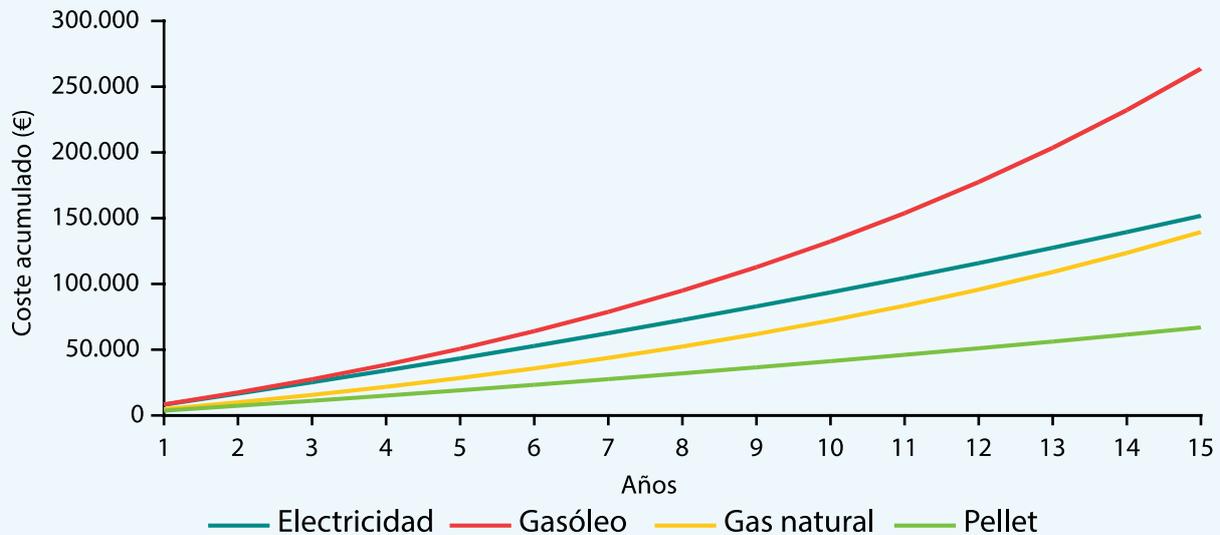
Sistema	Consumo anual de combustible	Coste anual de combustible (€)
Radiador eléctrico	94.153,06 kWhel	10.403,91
Caldera gasóleo	9.887,5 l	11.212,4
Caldera gas natural	8.637,9 m ³	5.243,2
Caldera pellet	17.996,9 kg	4.499,2

Consumo y coste anual asociados según tipo de combustible para calefacción y ACS de una instalación administrativa tipo de una Corporación Local.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta estos datos, a continuación se muestra una gráfica comparativa del gasto máximo en combustible acumulado en 15 años para los sistemas de calefacción analizados. Se ha considerado un incremento anual del coste del combustible del 3% para la electricidad, 10% para el gasóleo, 9% para gas natural y un 3% en el caso de los pellet.

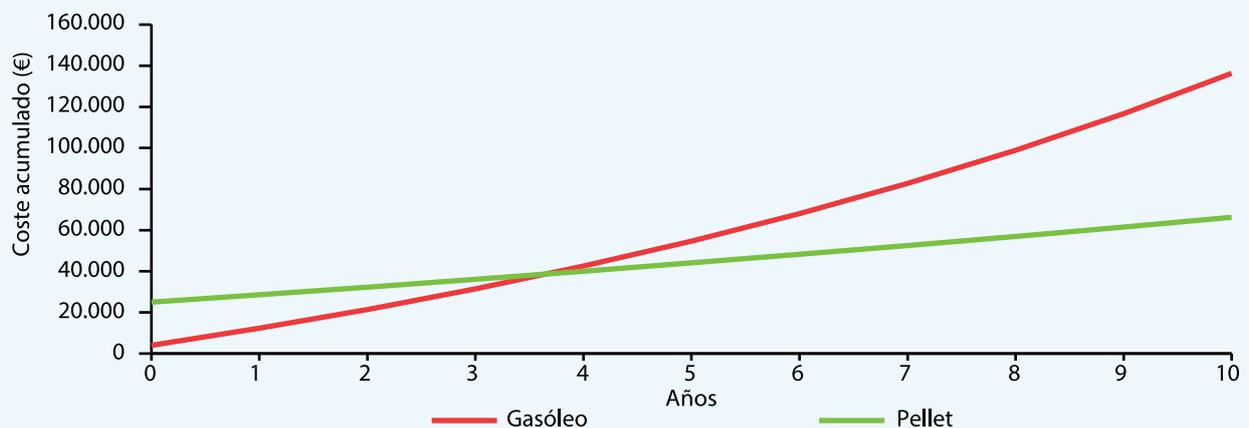
Queda patente que el empleo de biomasa es la opción más barata durante la vida útil del sistema de calefacción, estimado para un mínimo de 15-20 años.



Gasto acumulado en combustibles para diferentes sistemas de calefacción usados en una instalación administrativa tipo de una Corporación Local.

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso estudiado, aunque no se pretenden analizar en detalle los costes globales asociados a cada sistema, si se establece que los que usan gasóleo como combustible suponen una inversión inicial varias veces inferior a los que emplean pellet, y sin considerar las subvenciones a las que podrían acogerse éstos últimos (que pueden suponer hasta un 30% de la inversión inicial); la inversión quedaría recuperada en unos cuatro años, tal y como se muestra en la siguiente gráfica.



Gasto global acumulado para sistemas de calefacción con gasóleo y pellet.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, cabe destacar que optar por el uso de pellet como combustible en sistemas de calefacción supone obtener, al cabo de 10 años, un ahorro global superior del 120% respecto al gasóleo.

Como herramienta comparativa en cuanto a cálculo de amortizaciones, específicos para cada caso, se recomienda el empleo de calculadoras al uso como la localizable en <http://www.eficienciaenergetica.com/>, la cual permite comparar instalaciones de calefacción según se emplee pellet o biomasa frente a gasóleo.

11.1.2.- APROXIMACIÓN DE COSTES DE EQUIPOS DE BIOMASA PARA APROVECHAMIENTO TÉRMICO

En este apartado se ofrece una guía de las características técnicas, prestaciones y precios de los diferentes dispositivos y equipos de biomasa para aprovechamiento térmico. Para ello, se presenta una tabla resumen con los rangos de potencia y precios medios según el tipo de equipos existentes en el mercado.

Tipo de equipo	Potencia (kW)	Rango de precios (€)	Precio medio (€) ⁽¹⁾
Chimeneas	3 a 40	350 a 7.500	1.500
Estufas	5 a 34	1.500 a 11.000	3.500
Calderas	14 a 2.400	2.500 a 550.000	15.000
Secaderos	150 a 350	200.000 a 4.350.000	2.000.000
Generadores de aire caliente	140 a 815	4.300 a 50.000	12.300

(1) El precio medio que se ha dado es de aquellos equipos más vendidos para cada tipología.

Rangos de potencia y precios de equipos de biomasa térmica.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por instaladores y fabricantes de equipos de biomasa térmica.

Para tener un mayor conocimiento de los distintos tipos de equipos de biomasa para uso térmico que se pueden encontrar en el mercado, en la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos de equipos junto con el tipo de combustible que utilizan, así como el precio y su potencia. En el Anexo I de este documento, se presenta el listado completo y detallado.

Tipo de equipo	Potencia (kW)	Rango de precios (€)	Precio medio (€) ⁽¹⁾
Calderas < 300 kW	Policombustibles	10.000-12.000	29
	Pellet	3.000-4.000	25-35
	Orujillo	4.531	35
	Pellet, Orujillo	7.000-9.000	30
	Pellet, hueso de aceituna	6.000-8.000	5-50
	Leña	2.025	24,5
	Pellet, astilla	6.000-25.000	25-300
Caldera con P> 300 kW	Hueso de aceituna	90.000	500
	Policombustible	200.000 (equipo completo)	> 300
	Pellet	180.000	600
	Hueso de aceituna/ pellet/cáscara de almendra	9.900 a 36.000 (sin quemador)	232-1.750
	Pellet, astilla	25.000-60.000	300-500
Chimenea	Leña	800-1.500	8-12
	Leña y pellet	1.500	12-34
Estufa	Pellet	1.000-4.000	8-34
	Hueso de aceituna	4.500-5.500	24

Tipos de equipos y combustibles, potencia y precios de equipos de biomasa térmica.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por instaladores y fabricantes de equipos de biomasa térmica.

Tipo de equipo	Potencia (kW)	Rango de precios (€)	Precio medio (€) ⁽¹⁾
Estufa	Pellet, cáscara de almendra, hueso de aceituna	2.000-3.000	< 70
	Biomasa	2.500	12
	Pellet, leña	2.000-11.000	5-25
	Pellet y hueso	3.000-4.000	12-34
Generador de aire caliente	Hueso de aceituna	5.000-6.000	180
Secadero	Orujillo	200.000-3.000.000	150

Tipos de equipos y combustibles, potencia y precios de equipos de biomasa térmica.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por instaladores y fabricantes de equipos de biomasa térmica.

11.2.- PARÁMETROS ECONÓMICOS DE INSTALACIONES DE BIOMASA PARA USO ELÉCTRICO

La generación de energía eléctrica a partir de biomasa es muy relevante en España, tanto por capacidad instalada como por disponibilidad del recurso natural. Si bien es cierto que su desarrollo reciente se encuentra por debajo de lo esperable dado su potencial. Su menor rendimiento energético, unido a una elevada inversión en equipos y la dificultad de aprovisionamiento de la biomasa, hace que el aprovechamiento eléctrico de la biomasa tenga menor peso que el térmico en el cómputo global.

En este sentido, la cogeneración con biomasa se revela como una interesante alternativa a considerar, ya que permite aumentar la eficiencia del proceso de combustión (genera dos unidades de calor por cada una de electricidad, aproximadamente), siempre y cuando exista una demanda tanto de energía eléctrica como de térmica en el propio centro de producción o en sus cercanías. De esta manera, se reducen las pérdidas por transporte y se evita la construcción de nuevas plantas de energía convencionales que suplan estas demandas.

Centrados exclusivamente en la generación eléctrica a partir de biomasa, los costes de inversión son claramente distintos, según se trate de instalaciones específicas de generación eléctrica de biomasa, o instalaciones de combustión de biomasa y otros combustibles como el carbón en centrales térmicas convencionales.

11.2.1.- APROXIMACIÓN DE COSTES DE INSTALACIONES ESPECÍFICAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Este tipo de instalaciones requieren sistemas más complejos, lo que obliga a diseñar calderas con un mayor hogar, lo que reduce a su vez su rendimiento. El mayor tamaño del hogar, unido al resto de componentes para el tratamiento y movimiento de la biomasa en la planta, implican unos costes de inversión en torno a los 1.800 €/kW instalado, superiores a los de las centrales convencionales.

La principal componente de los gastos de explotación en las instalaciones de generación eléctrica mediante biomasa es siempre el coste de ésta, aún cuando se traten de residuos industriales. Dada la gran demanda de biomasa por este tipo de instalaciones, el área de influencia para su suministro es muy grande, lo que implica una gran repercusión del coste de transporte sobre el coste final de la biomasa que, por otro lado, al ser adquirida en mayores cantidades puede sufrir una reducción de su precio en origen.

En estos casos, considerando una distancia media de transporte asequible para la instalación, y según el tipo de biomasa, los costes de suministro de ésta pueden variar entre los 80 €/t para el caso de biocarburantes, y los 50 €/t cuando se utilizan residuos agrícolas o forestales. Un caso aparte son las aplicaciones eléctricas industriales, cuyas condiciones se asemejan a las térmicas industriales, situándose entre 0 y 35 €/t de biomasa.

A continuación, se tabulan los principales parámetros técnicos y económicos que definen las instalaciones tipo de aprovechamiento eléctrico a partir de biomasa, en función del origen del biocombustible empleado.

Parámetros	Biocarburantes	Residuos forestales y agrícolas	Residuos agroindustriales	Residuos de industrias forestales
Potencia eléctrica (MW)	5	5	5	5
Rendimiento global (%)	21,6	21,6	21,6	21,6
Vida útil (años)	20	20	20	20
Biomasa consumida (t/año)	53.500	53.500	53.500	45.900
Costes combustible (€/año)	2.315.737 (0,061753 €/kWh)	1.685.325 (0,044942 €/kWh)	1.685.325 (0,044942 €/kWh)	705.750 (0,018820 €/kWh)
Costes operación y mantenimiento (€/año)	348.975 (0,009306 €/kWh)	348.975 (0,009306 €/kWh)	348.975 (0,009306 €/kWh)	348.975 (0,009306 €/kWh)
Inversión (€)	9.015.200 (1.803 €/kW)	9.015.200 (1.803 €/kW)	9.015.200 (1.803 €/kW)	9.015.200 (1.803 €/kW)
Producción energética (MWh/año)	37.500	37.500	37.500	37.500

Principales parámetros de instalaciones específicas para generación energía eléctrica con biomasa.

Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.

11.2.2.- APROXIMACIÓN DE COSTES DE INSTALACIONES DE CO-COMBUSTIÓN

La co-combustión consiste en sustituir en una planta ya existente una parte del combustible fósil habitual, entre el 2 y el 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 importante cantidad de energía eléctrica con combustible renovable.

Los gastos de inversión asociados a los procesos de co-combustión se limitan a los equipos destinados a preparar la biomasa para su inyección a la caldera existente (en torno a 856 €/kW instalado), más los trabajos necesarios para la adaptación de ésta y sus instalaciones auxiliares. El resto de los equipos forman parte de la instalación convencional.

La co-combustión facilita un mayor rendimiento en la generación (del 30% frente al 23% de las instalaciones específicas o industriales) y una mayor potencia instalada por central, pero también implica una mayor demanda de biomasa, que debe ser transportada desde distancias mayores con costes medios en torno a los 50 €/t.

La tabla siguiente recoge los principales parámetros técnicos y económicos que definen una instalación tipo de co-combustión de biomasa y carbón en una central térmica convencional.

Parámetros	Valores
Potencia eléctrica (MW)	56
Rendimiento global (%)	30
Vida útil (años)	20
Biomasa consumida (t/año)	340.300
Costes combustible (€/año)	15.960.000 (0,038 €/kWh)
Costes operación y mantenimiento (€/año)	3.192.000 (0,0076 €/kWh)
Inversión (€)	47.936.000 (856 €/kW)
Producción energética (MWh/año)	420.000

Principales parámetros de instalación tipo de co-combustión de biomasa y carbón en una central térmica convencional.

Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.

En España existe una escasa experiencia en procesos de co-combustión, muy desarrollados en otros países europeos. Actualmente, en nuestro país se están realizando estudios en profundidad y experiencias piloto sobre la tecnología y disposición de biomasa para este tipo de procesos. Estas actividades están llegando a su fin y se espera que, dependiendo de la coyuntura energética general, y con las expectativas de los grupos de generación eléctrica de carbón en particular, con la cual la co-combustión se encuentra directamente relacionada, en los próximos años se inicie el desarrollo de las primeras plantas comerciales.

A este respecto, cabe comentar que entre las líneas de investigación que pretenden impulsarse a través del Plan de Energías Renovables 2011-2020, se incluye la mejora del rendimiento de las tecnologías de co-combustión en los próximos 10 años, lo que unido a una mejor calidad del combustible y una mayor experiencia en este campo, deberían favorecer una reducción progresiva de cara al futuro, tanto en los costes de capital como en los de operación.

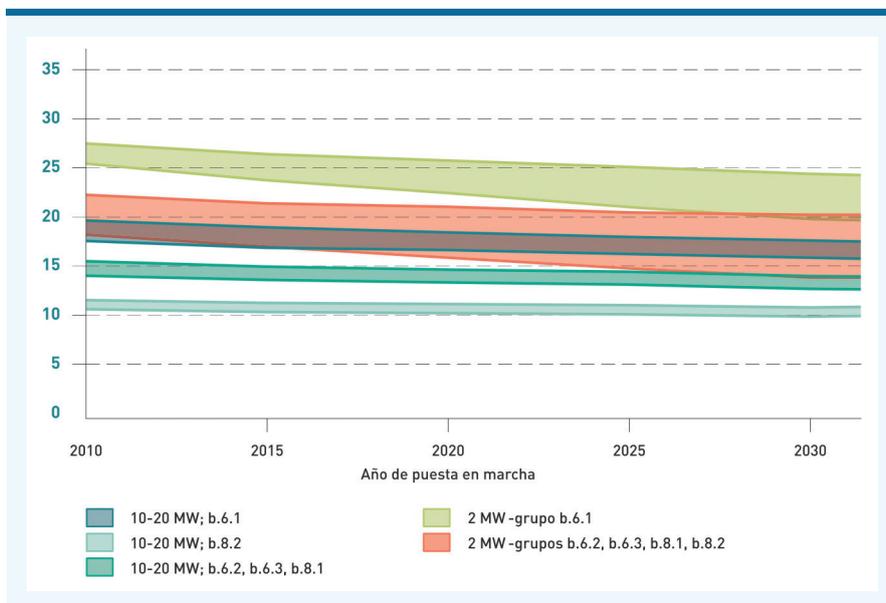
11.2.3.- PROSPECTIVA A 2030 DE LOS COSTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOMASA

Dentro de la sección dedicada al análisis del sector de la biomasa, el Plan de Energías Renovables 2011-2020 recoge una previsión de los costes asociados a la generación de energía eléctrica a partir de esta fuente hasta el 2030. Para ello, se ha representado gráficamente la evolución de estos costes, considerando para cada año el intervalo entre la tecnología con mayor y menor coste según el tamaño de planta y tipo de biomasa empleada (los costes de generación están íntimamente ligados a los costes del combustible).

De esta forma, se han establecido cinco grupos en función de la escala de las plantas (10-20 MW por un lado y 2 MW por otra), la materia prima utilizada (b.6.1 o cultivo energético, b.8.2 o biomasa industrial forestal, y b.6.2, b.6.3 y b.8.1 para otras biomásas), y la tecnología empleada (caldera y turbina, y gasificación), quedando los rangos divididos en los siguientes:

- Biomasa 10-20 MW (b.6.1), donde el límite superior de la representación gráfica corresponde a las instalaciones de 10 MW y el inferior a las de 20 MW, ambas a ciclos de vapor (caldera más turbina).

- Biomasa 10-20 MW (b.6.2, b.6.3, b.8.1), donde el límite superior de la representación gráfica corresponde a las instalaciones de 10 MW y el inferior a las de 20 MW, ambas a ciclos de vapor (caldera más turbina).
- Biomasa 10-20 MW (b.8.2), donde el límite superior de la representación gráfica corresponde a las instalaciones de 10 MW y el inferior a las de 20 MW, ambas a ciclos de vapor (caldera más turbina).
- Biomasa 2 MW (b.6.1), donde el límite superior de la representación gráfica corresponde a ciclos de vapor (caldera más turbina), mientras que el límite inferior representa plantas con tecnología de gasificación.
- Biomasa 2 MW (b.6.2, b.6.3, b.8.1, b.8.2), donde el límite superior de la representación gráfica corresponde a ciclos de vapor (caldera más turbina), mientras que el límite inferior representa plantas con tecnología de gasificación.



Evolución de los costes de generación de energía eléctrica con biomasa (c€₂₀₁₀/kWh).

Fuente: Boston Consulting Group en PANER 2011-2020.

A partir de las consideraciones anteriores, y asumiendo un total de 6.000 horas de funcionamiento, el siguiente gráfico muestra la proyección de los costes de generación de energía eléctrica en el periodo 2010-2030.

Tal y como queda reflejado en el gráfico, la evolución esperada de los costes normalizados de energía eléctrica con biomasa durante las próximas décadas experimentará una reducción en términos reales. Este hecho se refuerza si se tiene en cuenta que la evolución de costes considerada es muy conservadora, por lo que

cabe esperar que un mayor desarrollo del mercado de la biomasa implique una bajada de su precio, de forma que las curvas representadas alcancen valores inferiores a los presentados en los últimos años, dotando a las curvas de una pendiente más acusada.

12.- IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIACIÓN

Mediante el Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos, el Consejo de Ministros decidía suprimir, temporalmente, las ayudas a la construcción de nuevas instalaciones de producción de energías renovables. La suspensión afecta a la tecnología eólica, solar fotovoltaica, termosolar, cogeneración, biomasa, biogás, minihidráulica y de residuos.

Con esta medida se pretende poner fin a unos costes demasiado elevados para el sistema eléctrico, y además se asegura que no se pondrá en riesgo el cumplimiento de los objetivos renovables con la Unión Europea.

Desde el Gobierno se recalcó la excepcionalidad de la decisión dadas las circunstancias económicas, pero sobre todo se subrayó la temporalidad de esta medida. "El Gobierno mantiene su apuesta firme por las energías renovables como parte indispensable del mix energético de nuestro país" (Fuente: Consejo de Ministros).

Con carácter general esta disposición suprime los incentivos económicos para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial que no hubieran sido inscritas en el registro de pre-asignación de retribución por parte de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. También suspende el procedimiento de inscripción en el registro de pre-asignación de la retribución, y elimina los derechos de las Modificaciones sustanciales de instalaciones existentes.

Una cuestión que conviene destacar es que el régimen especial de producción eléctrica continúa vigente, así como el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Ahora bien, lo que sí resulta afectado es el régimen económico, motivo por lo que se pueden producir diversas situaciones según se detalla a continuación:

► **Nuevas instalaciones.** Dado que continúa vigente el régimen especial, cada persona o entidad que tenga la intención de promover una instalación de régimen especial tiene que contar con que por la energía que vierta a la red percibirá el precio de mercado. Cada tecnología puede tener una casuística diferente, según su coste de producción, coste de la energía eléctrica de sustitución en el supuesto de autoconsumo -total o parcial-, y la diferencia respecto del precio de mercado. Esta casuística puede afectar a los criterios con que se tenga que diseñar la instalación, por ejemplo aumentando el autoconsumo o instalando una potencia inferior. La forma de solicitar y tramitar la autorización administrativa, la puesta en marcha, y la solicitud de inscripción al Registro de Instalaciones de Producción en Régimen Especial (RIPRE) sigue siendo la misma que hasta ahora, de acuerdo con el procedimiento establecido por el Real Decreto 661/2007, y las normas de procedimiento de la Dirección General de Energía, Minas y Seguridad Industrial.

► **Instalaciones que tienen autorización administrativa y que obtuvieron la pre-asignación de la retribución.** No les afecta el Real Decreto-ley 1/2012, por lo tanto, continuarán su tramitación hasta su puesta en marcha e inicio de facturación a través de OMEL y CNE. Cobrarán el régimen económico vigente hasta el día 28-1-2012.

► **Instalaciones que tienen autorización administrativa, pero que no han obtenido la pre-asignación de la retribución.** Tienen dos opciones:

- Continuar la tramitación, proceder a la puesta en marcha de la instalación, y solicitar la inscripción al RIPRE. Podrán vender la energía -la total producida, o la excedentaria si han optado por una configuración de autoconsumo- a precio de mercado.
- No construir la instalación, con derecho a la recuperación de los avales que hubieran depositado, ya fuera para obtener el punto de conexión o para presentarse a la pre-asignación de la retribución. Límite para solicitar la devolución de los avales 28/03/2012.

► **Instalaciones que habían solicitado la autorización administrativa y ésta se encuentra en trámite, sin que se haya dictado la resolución de otorgamiento.** Tienen dos opciones:

- Continuar la tramitación hasta que se dicte la resolución de autorización administrativa, construir la instalación, proceder a la puesta en marcha de la instalación, y solicitar la inscripción al RIPRE. Podrán vender la energía -la total producida, o la excedentaria si han optado por una configuración de autoconsumo- a precio de mercado.
- Enviar un escrito a la Dirección General de Energía, Minas y Seguridad Industrial renunciando a la tramitación de la instalación, con derecho a la recuperación de los avales que hubieran depositado, ya fuera para obtener el punto de conexión o para presentarse a la pre-asignación de la retribución. Límite para solicitar la devolución de los avales 28/03/2012.

El Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, afecta por tanto básicamente, a las energías renovables dedicadas a vender la electricidad producida a las compañías eléctricas.

Las subvenciones autonómicas para energías renovables destinadas para uso doméstico y no destinadas a vender la energía a compañías eléctricas, no se ven afectadas por este Real Decreto-ley puesto que estas líneas de ayudas no se suelen otorgar a la venta de energía a red sino a instalaciones aisladas de autoconsumo. Lo que sí que está ocurriendo es que las CCAA han disminuido la cuantía de las ayudas, o no están sacando las mismas.

Además de las ayudas de las CCAA, también algunos Ayuntamientos ofrecen incentivos para fomentar el uso de energías renovables.

12.1.1.- AYUDAS

La Ley 54/1997, de 27 noviembre, del Sector Eléctrico considera como uno de sus objetivos fundamentales el desarrollo de las energías renovables, estableciendo el compromiso de elaborar planes de fomento de las energías renovables, el primero de los cuales fue aprobado en Consejo de Ministros el 30 de diciembre de 1999.

En la actualidad se encuentra vigente el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020, el cual se fundamenta en las prescripciones generales emanadas de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes de energías renovables; siendo su principal objetivo global alcanzar el 20% de energías renovables sobre el consumo final bruto de energía en 2020.

Asimismo, el PANER reconoce que, a pesar del inmenso potencial existente para las energías renovables, es necesario impulsar su desarrollo por medio de incentivos de tipo económico, fiscal y normativo para alcanzar esos objetivos, quedando implementados en el capítulo cuarto del Plan. Por todo ello, en este apartado se abordan las diferentes posibilidades de ayudas públicas y subvenciones existentes en la actualidad para el aprovechamiento de la biomasa como recurso para la obtención de energía eléctrica y térmica. El acceso a estos incentivos se efectúa a través de los organismos competentes en cada campo, siendo pertinente hacer una distinción entre aquellos otorgados por el Estado y por los organismos regionales competentes (agencias públicas de la energía).

A nivel estatal, las ayudas son gestionadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), entidad pública empresarial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, cuya

misión principal es el fomento del uso de las energías renovables y la mejora en la eficiencia energética. El IDAE dispone de diversas fórmulas de financiación y participación en función del sector que se trate, de la tecnología implicada y del volumen económico. En este caso, el análisis se centra en el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de la biomasa.

Igualmente, a escala regional se describen los principales instrumentos financieros disponibles para favorecer la puesta en marcha de actuaciones que promuevan el uso de la biomasa como recurso energético.

12.1.1.1.- A NIVEL ESTATAL

Incentivos fiscales a las inversiones y gastos en instalaciones de energías renovables.

El IDAE tiene como misión el fomento del uso de las energías renovables y la mejora en la eficiencia energética, y posee las siguientes líneas de ayudas que se exponen a continuación y que se pueden encontrar en su página web (www.idae.es), en el apartado de Financiación:

► **Línea de préstamos IDAE.** Tiene una línea de préstamos para financiar inversiones en proyectos de biomasa doméstica e instalaciones de cogeneración, entre otros, que pueden ser muy útiles para hacer frente al coste inicial de los equipamientos y obra civil de las instalaciones, así como a los gastos de gestión.

Los beneficiarios pueden ser personas físicas, PYMES (nunca grandes empresas), comunidades de propietarios o de vecinos, ayuntamientos y otros organismos públicos.

En producción de energía térmica, para uso doméstico o en edificios, utilizando como combustible biomasa, hasta 3 MW(t) se financia el coste de los equipos e instalaciones y obra civil (siempre que no se supere el 20% de la inversión) e ingeniería y dirección de obra. Resulta muy útil para comunidades de vecinos, mancomunidades, hoteles, turismo rural, etc.

En instalaciones de cogeneración hasta 2 MW (e) se financia el grupo primario, el sistema de aprovechamiento térmico, el sistema de producción de frío, conexión a la red de distribución, sistema eléctrico, control y regulación, obra civil (siempre que no se supere el 20% de la inversión) e ingeniería y dirección de obra. Los potenciales peticionarios suelen ser hospitales, hoteles, centros comerciales, granjas agropecuarias y pequeñas industrias.

Los préstamos no tienen porqué ser incompatibles con otras líneas de ayuda.

► **Financiación por Terceros (FPT) IDAE.** Otra posibilidad de obtener ayudas, quizás más interesante financieramente, sobre todo para las empresas, es utilizar la fórmula contractual FPT con el IDAE, que no es exactamente un préstamo, sino una solución técnico-financiera: el IDAE participa en la definición del proyecto, aportando la solución técnica más adecuada a cada caso y financia total o parcialmente la inversión.

La ventaja es que el IDAE realiza directamente la inversión, por lo que no se requieren desembolsos del destinatario final de la instalación (normalmente, una pequeña industria). Los equipos son propiedad del IDAE hasta que recupere la inversión, y así el destinatario mantiene íntegra su capacidad de endeudamiento.

El IDAE recupera su inversión (incluyendo su beneficio) mediante los ahorros energéticos inducidos o por la energía generada. Luego, la instalación pasa a ser propiedad del desti-

natario final, quien, a partir de este momento, se beneficia de la totalidad de los ahorros energéticos o de la energía generada por las instalaciones y, además, habrá mejorado su competitividad al disponer de unas instalaciones tecnológicamente avanzadas.

Hay varias modalidades contractuales dentro de esta modalidad de FPT, adaptables a cada tipología de proyecto.

► **Combinación Financiación de proyecto-Arrendamiento de Servicios IDAE.** Es otra solución integral que permite al promotor disponer de financiación del 100% de los costes de inversión de un proyecto energético (IVA incluido), contando además con el asesoramiento técnico y la experiencia del IDAE en el desarrollo de este tipo de proyectos. Se trata de un nuevo modelo de colaboración que supone la formalización de dos contratos inseparables de naturaleza jurídica privada:

- Contrato marco de colaboración y arrendamiento de servicios con el IDAE.
- Contrato de crédito mercantil para financiación de proyecto.

Este tipo de financiación es aplicable a proyectos de inversión en materia de ahorro, eficiencia energética y energías renovables que dispongan de un análisis previo de viabilidad técnico-económica. La retribución al IDAE va en función del rendimiento energético de la instalación, y esto permite modular al promotor los costes financieros del proyecto.

► **Otras participaciones financieras del IDAE en proyectos energéticos.** El IDAE recurre a la participación con figuras societarias o asociativas cuando el proyecto, por su alcance económico, legislación vigente que le afecta o naturaleza técnica así lo requiera. Las modalidades más comunes son:

- **UTE (Unión Temporal de Empresas).** Este tipo de figura se suele constituir para proyectos de cogeneración en la industria o en el sector servicios. Las instalaciones generan energía eléctrica y térmica que es consumida parcialmente por el usuario, y el excedente de energía eléctrica no consumida es vendida a la compañía eléctrica.

La UTE es dirigida por el IDAE y lleva a cabo toda la ejecución del proyecto manteniendo la propiedad y explotación de las instalaciones. Una vez recuperada la inversión, la UTE se extingue, finalizando dicha explotación y transmitiendo las instalaciones al industrial.

- **AIE (Agrupación de Interés Económico).** Surge como alternativa a la UTE para proyectos similares, cuando por el volumen de inversión requiera de financiación bancaria adicional. Esta financiación es contratada directamente por la AIE al disponer de personalidad jurídica propia.

La participación del IDAE en estas agrupaciones no alcanza el 50%, pero el IDAE hace la labor fundamental en la negociación de la financiación.

Fondo de carbono – FES-CO₂.

La Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible crea, en su artículo 91, el Fondo de Carbono para una Economía Sostenible (FES-CO₂).

Este instrumento de financiación climática, se concibe con el objetivo de reorientar la actividad económica hacia modelos bajos en carbono, al mismo tiempo que se contribuye al cumplimiento de los objetivos internacionales asumidos por España en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Mediante la adquisición de créditos de carbono vinculados a proyectos o iniciativas de reducción de emisiones, el FES-CO₂ moviliza recursos y elimina barreras a la inversión privada, fomentando la actividad de las empresas en los sectores asociados a la lucha contra el cambio climático. El fondo adquiere créditos en forma de reducciones verificadas de emisiones de proyectos desarrollados en España, y de forma adicional puede adquirir créditos internacionales generados al amparo del Protocolo de Kioto, así como cualquier otro tipo de crédito que pueda ser objeto de negociación en los mercados de carbono.

El Real Decreto 1494/2011, de 24 de octubre, por el que se regula el Fondo de Carbono para una Economía Sostenible, define sus principios de actuación.

La información acerca de esta ayuda a nivel estatal se puede ampliar en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es/es/), dentro del Área de actividad "Cambio climático" del Tema "Fondo de Carbono".

12.1.1.2.- A NIVEL AUTONÓMICO

A continuación, se recogen las subvenciones que han estado o aún continúan vigentes a nivel autonómico en materia de biomasa en el momento de redacción de este estudio. Para obtener más información sobre las ayudas aquí recogidas, así como, poder consultar nuevas subvenciones, se proporciona el enlace a www.renov-arte.es. Cada Comunidad Autónoma tiene unas subvenciones distintas en requisitos, trámites, fechas y cuantías.

ANDALUCÍA

A través de la Agencia Andaluza de la Energía (entidad pública adscrita a la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía) y en aplicación del Decreto 23/2009, por el que se establece el marco regulador de las ayudas a favor del medio ambiente y del desarrollo energético sostenible que se concedan por la Administración de la Junta de Andalucía; se regulan ayudas destinadas al ahorro de la energía, al fomento de la energía procedente de fuentes renovables, a la cogeneración y a la climatización urbana energéticamente eficiente, entre otras.

Se podrán conceder ayudas para inversiones que fomenten el uso de energías renovables cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- ▶ Que el coste de producir energía a partir de estas fuentes sea superior al coste de producción a partir de fuentes convencionales.
- ▶ Que no exista ninguna norma comunitaria obligatoria relativa al porcentaje de energía que debe proceder de fuentes renovables en cada empresa.

En estas ayudas serán incentivables las inversiones en plantas de producción de energía con recursos renovables para producción de energía térmica, eléctrica o biocombustibles sostenibles, y los elementos de logística y adecuación de la biomasa que posibiliten el fomento del uso de la energía de la biomasa y biocombustibles sostenibles.

Los límites de estas ayudas reguladas se aplicarán con independencia de que se financien íntegramente con recursos estatales, autonómicos o sean financiadas en parte por la Comunidad Europea. No podrán acumularse con otras ayudas estatales a efectos del artículo 87.1 del Tratado CE, ni con otras formas de financiación de la Comunidad Europea si tal acumulación genera una intensidad de ayuda superior a la contemplada en el presente Decreto.

No obstante, cuando los gastos elegibles en el marco de un régimen de ayudas en favor del medio ambiente puedan acogerse, total o parcialmente, a ayudas otorgadas con otra finalidad, la parte común estará sujeta al límite más favorable según la normativa aplicable.

Teniendo en cuenta este Decreto, a continuación se va a proceder a exponer los distintos tipos de incentivos y ayudas que hay para el sector de la biomasa en Andalucía.

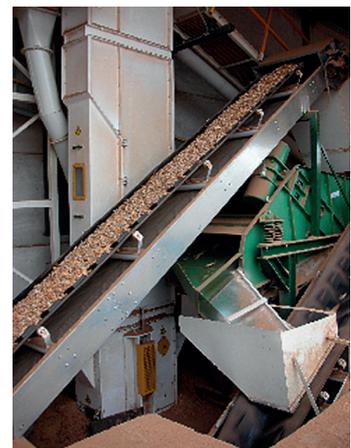
Incentivos de la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo

Desde el 2003 se están promoviendo un conjunto de ayudas públicas encaminadas al desarrollo de las energías renovables, y entre ellas a la biomasa, instrumentadas por distintos órdenes, de las cuales, durante la realización de este estudio se encontraba vigente la Orden de 7 de diciembre de 2010, por la que se modifica la de 4 de febrero de 2009, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2009-2014.

Esta Orden tiene por objeto establecer las bases por las que se regirán los incentivos a conceder por dicha Consejería para el fomento del ahorro y la eficiencia energética, la producción de energía a partir de fuentes renovables, el mejor aprovechamiento de la energía, la valorización energética de residuos, así como la mejora y desarrollo de las infraestructuras para el transporte y distribución de energía en Andalucía. La Orden se aplicará a todas aquellas solicitudes de incentivos que se presenten hasta el 30 de diciembre de 2014.

En dicha orden son considerados proyectos destinados a la mejora de la protección ambiental:

- ▶ Proyectos de ahorro y eficiencia energética.
- ▶ Proyectos de instalaciones de energía a partir de fuentes renovables.
- ▶ Proyectos de instalaciones de aprovechamiento energético.
- ▶ Estudios energéticos y acciones de difusión.
- ▶ Proyectos energéticos relacionados con el desarrollo regional.



*Fábrica de pellets de Renovables
Biocazorla (Cazorla, Jaén).
Fuente: Elaboración propia.*

Los incentivos que se otorguen al amparo de la presente Orden serán compatibles con otras ayudas, ingresos o recursos que se otorguen para la misma finalidad, procedentes de cualesquiera Administraciones o entes públicos o privados, nacionales, de la Unión Europea o de otros Organismos Internacionales, siempre que el importe de los mismos, aisladamente o en concurrencia con otras ayudas, ingresos o recursos, no superen el coste de la actuación incentivada.

ARAGÓN

El plazo de finalización de presentación de solicitudes es el 30 de abril de 2012.

► ORDEN de 19 de marzo de 2012, del Departamento de Industria e Innovación, por la que se convocan, para el ejercicio 2012, ayudas en materia de ahorro y diversificación energética, uso racional de la energía, aprovechamiento de los recursos autóctonos y renovables e infraestructuras energéticas.

Podrán acogerse a las subvenciones:

1.- Para las actuaciones y materias de ahorro y diversificación energética, uso racional de la energía y aprovechamiento de los recursos autóctonos y renovables, e inversiones en materia de investigación y desarrollo, cuyo objeto sea el uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de las fuentes de energías autóctonas y renovables, incluidos nuevos proyectos de producción y aprovechamiento de hidrógeno usando fuentes autóctonas y renovables: Las empresas privadas y autónomas, las corporaciones locales, las instituciones sin ánimo de lucro y los particulares que realicen inversiones en proyectos relacionados con las acciones que se enumeran en dicho dispositivo.

2.- Para las actuaciones de optimización y desarrollo de las infraestructuras energéticas: Todas aquellas entidades, empresas o particulares que pretendan realizar inversiones en electrificación o gasificación en el medio rural. En estos casos, podrán ser beneficiarios los ayuntamientos e instituciones o entidades sin ánimo de lucro cuando sean titulares, total o parcialmente, de la instalación, sin perjuicio de que la instalación de enlace al sistema eléctrico o gasista pueda, posteriormente, ser cedida a la empresa distribuidora, como receptora de la energía vehiculada.

Podrán ser objeto de subvención las actuaciones realizadas y efectivamente pagadas entre el 16 de octubre de 2011 y el 15 de octubre de 2012, en materia de:

1.- Ahorro y diversificación energética, uso racional de la energía y aprovechamiento de los recursos autóctonos y renovables:

1.1.- Biomasa.

1.1.1.- Utilización de la biomasa para producción de energía térmica para uso residencial e industrial. Hasta un máximo del 40% del coste elegible de la inversión.

1.1.2.- Utilización de la biomasa para producción conjunta de energía térmica y eléctrica, o eléctrica, para uso residencial e industrial, Hasta un máximo del 10% del coste elegible de la inversión.

2.- Optimización y desarrollo de las infraestructuras energéticas:

2.1.- Los Proyectos a los que se refiere el art. 2. Secciones Segunda y Tercera del Decreto 216/2005, de 25 de octubre, del Gobierno de Aragón. Con carácter general, y salvo excepción debidamente motivada, las obras serán subvencionadas hasta una cuantía del 40 % del coste elegible de la inversión, entendiéndose por coste elegible de la inversión aquél específicamente imputable a la actuación energética propuesta.

2.2.- Por razones de eficiencia y economía de tramitación, la resolución de las solicitudes de ayuda para infraestructuras (eléctricas o gasistas) podrá adoptar la forma de Convenio.

3.- Inversiones en materia de investigación y desarrollo, cuyo objeto sea el uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de las fuentes de energías autóctonas y renovables, incluidos nuevos proyectos de producción y aprovechamiento de hidrógeno usando fuentes autóctonas y renovables. Las inversiones realizadas y honorarios de acreditación de la norma UNE 216.301 de gestión energética. Además se consideraran subvencionables los hechos diferenciales, cualquier proyecto energético cuya implantación aporte un valor añadido especial para Aragón. Hasta un máximo del 20 % del coste elegible de la inversión.

PRINCIPADO DE ASTURIAS

El plazo para solicitar la subvención concluye el 31 de octubre de 2011.

► Resolución de 1 de septiembre de 2011, de la Consejería de Economía y Empleo, por la que se aprueban las bases reguladoras de la concesión de subvenciones, en régimen de concurrencia competitiva, para el uso de energías renovables.

► Resolución de 19 de septiembre de 2011, de la Consejería de Economía y Empleo, por la que se aprueba la convocatoria de subvenciones para el uso de energías renovables dentro del Plan de Energías Renovables (PER) para el año 2011.

Podrán acogerse a las subvenciones previstas en esta convocatoria las empresas privadas, incluyendo las Empresas de Servicios Energéticos (ESE), las comunidades de propietarios de viviendas en régimen de propiedad horizontal, las personas físicas y las instituciones sin ánimo de lucro que promuevan el uso de las energías renovables de acuerdo con las actuaciones que se relacionan en las bases. No pueden obtener la condición de beneficiario las empresas privadas, las comunidades de propietarios de viviendas en régimen de propiedad horizontal, las personas físicas y las instituciones sin ánimo de lucro que se encuentren incurso en alguna de las causas de prohibición previstas en el artículo 13 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.

Con carácter general son de aplicación los requisitos para obtener la condición de beneficiario, establecidos en el artículo 13 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, acreditándose de acuerdo con lo establecido en la base Séptima de las bases reguladoras y la acreditación de no estar incurso en dichas prohibiciones debe realizarse mediante declaración responsable conforme modelo normalizado incorporado a dicha bases.

El objeto de ambas resoluciones es regular las bases para la concesión de subvenciones para el uso de energías renovables, mediante la aplicación de las siguientes tecnologías:

► Biomasa. Producción de energía térmica, para uso doméstico, industrial o en edificios utilizando como combustible biomasa. Se establecen cuatro tipos de actuaciones:

- A.1 Instalaciones que cuenten con calderas automáticas con un rendimiento mínimo del 75% y una capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible suficiente para cubrir el consumo de 100 horas de funcionamiento.

Se entenderá por caldera automática aquella que disponga al menos de los siguientes

elementos: sistema de encendido, alimentación, limpieza, extracción de cenizas automáticos, así como posibilidad de contar con un sistema de telecontrol/telegestión.

- A.2 Instalaciones que cuenten con calderas no automáticas con un rendimiento mínimo del 75% y una capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible suficiente para cubrir el consumo de 100 horas de funcionamiento.
- A.3 Instalaciones híbridas de biomasa térmica + solar térmica que empleen calderas automáticas.

Se considera que una instalación de biomasa térmica está hibridada con una de solar térmica, siempre que compartan elementos básicos y que la cobertura de las necesidades para las que están diseñadas se lleve a cabo fundamentalmente a partir de estas dos fuentes.

- A.4 Instalaciones de ampliación de redes de calefacción de distrito a nuevos usuarios, aunque permanezca inalterada la potencia de generación térmica.

Para el tipo A.1, la cuantía máxima de la subvención es hasta el 30% del coste de referencia estimándose éste en 600 €/kW.

Para el tipo A.2, la cuantía máxima de la subvención es hasta el 30% del coste de referencia estimándose éste en 300 €/kW.

Para el tipo A.3, la cuantía máxima de la subvención es hasta el 45% del coste de referencia estimándose éste en 600 €/kW.

Para el tipo A.4, la cuantía máxima de la subvención es hasta el 30% del coste de referencia.

Se consideran costes subvencionables los siguientes:

- Calderas de biomasa.
- Sistemas de generación de frío asociados a la generación de calor mediante máquinas de absorción, en su caso.
- Sistema de almacenamiento, preparación y alimentación de biomasa.
- Depósitos de almacenamiento de agua caliente, intercambiadores de calor, vasos de expansión, bombas, tuberías, valvulería, aislamiento, etc.
- Sistema de distribución del tendido de tuberías, así como el sistema de regulación, control y medida de consumos energéticos.
- Sistemas eléctricos, de control y monitorización.
- Obra civil: en la que se incluyen excavaciones, cimentaciones, zanjas, urbanización, edificios, etc.
- Mano de obra.

- Ingeniería y dirección de obra.

No se subvencionan aquellos proyectos, o la parte correspondiente, cuya instalación sirva para cumplir con los requisitos, susceptibles de aplicación, fijados por el Código Técnico de la Edificación. A efectos del cálculo de la cuantía de la subvención, se detrae de la potencia total de la instalación de biomasa, la potencia del sistema de energía solar térmica sustituida, tomando como referencia un valor de 0,7 kW/m² de superficie de absorbedor del captador solar. En este caso, debe adjuntarse a la solicitud de subvención, el estudio de la instalación solar térmica sustituida, con indicación de la superficie necesaria para cumplir con la HE-4 del Código Técnico de la Edificación.

► Solar térmica.

► Biogás.

► Equipos de tratamiento en campo de biomasa para su astillado y empacado.

► Biocarburantes.

La concesión de las subvenciones se tramita en régimen de concurrencia competitiva, comparando las solicitudes presentadas, a fin de establecer una prelación entre las mismas, de acuerdo con los criterios de valoración definidos en las presentes bases reguladoras. Se adjudican, respetando los límites fijados en las bases y dentro del crédito disponible, a aquellas solicitudes que obtengan mayor valoración en la aplicación de dichos criterios establecidos en la base décima.

No obstante, cuando el crédito consignado para cada tipo de actuación es suficiente, atendiendo al número de solicitudes y una vez finalizado el plazo de presentación de las mismas, se exceptúa el requisito de fijar un orden de prelación entre las solicitudes presentadas que reúnan los requisitos establecidos.

ILLES BALEARS

El plazo para solicitar la subvención es el 22 de enero de 2012.

► Resolució del vicepresident econòmic, de Promoció Empresarial i d'Ocupació de 19 de desembre de 2011 per la qual s'aprova, mitjançant el procediment de despesa anticipada, la convocatòria pública per presentar sol·licituds de subvencions per al foment de les energies renovables, en el marc del Conveni de col·laboració amb l'Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'Energia (IDAE).

Podrán ser beneficiarios: Las personas físicas con residencia en las Islas Baleares, las personas jurídicas de derecho privado, las asociaciones o entidades sin ánimo de lucro, las agrupaciones de personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, las comunidades de bienes, las comunidades de propietarios o cualquiera otro tipo de unidad económica o patrimonio separado sin personalidad jurídica, los consejos insulares, los ayuntamientos, las empresas públicas, los consorcios, las fundaciones y cualquiera otro ente público, que lleven a cabo en el ámbito territorial de la comunidad autónoma de las Islas Baleares las instalaciones o las actuaciones establecidas para esa convocatoria.

Actuaciones subvencionables:

1.- Las siguientes inversiones e instalaciones en nuevos equipos:

- a) Instalaciones de energía solar térmica con captadores solares térmicos que estén homologados y que tengan un coeficiente global de pérdidas inferior a $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$.
- b) Sistemas de telemonitorización y/o visualización de la producción energética de las instalaciones solares térmicas, en instalaciones existentes o nuevas:
 - b.1) Paneles informativos o sistemas de visualización que permitan a los usuarios visualizar la producción energética de la instalación solar térmica.
 - b.2) Sistemas de telemonitorización, comunicación y control necesario que permitan a terceros la visualización del funcionamiento y la producción energética de la instalación solar térmica.
- c) Aplicaciones especiales de refrigeración u otras aplicaciones con temperatura de diseño superior a 60°C , en las cuales se tienen que superar rendimientos del 40 % para $(t_m - t_a) = 60^\circ\text{C}$ y $I = 800 \text{ W}/\text{m}^2$ sobre la curva cuadrática de los captadores.
- d) Instalaciones de producción de energía térmica para uso doméstico o en edificios que utilicen como combustible biomasa que suponga, como mínimo, 8 kW térmicos de potencia nominal.
- e) Instalaciones híbridas de biomasa y solar térmica que cumplan los requisitos mínimos fijados en los puntos anteriores para cada tecnología.
- f) Instalaciones de producción de energía térmica o eléctrica mediante el aprovechamiento energético del biogás producido por digestión anaerobia de residuos biodegradables, para instalaciones de potencia eléctrica inferior a 500 kWe. Para potencias iguales o superiores a 500 kWe requería la conformidad de la IDAE.
- g) Maquinaria específica para el tratamiento de la biomasa mediante "estellat i empacament" (fraccionamiento y empacamiento) para uso energético en campo, con objeto de facilitar la recogida y el transporte. No se consideran subvencionables la maquinaria utilizada habitualmente en actividades agrícolas o forestales (empaquetadoras agrícolas de paja o sistemas de trituración y estellat para incorporación del material orgánico al suelo).

2.- Las inversiones objeto de la solicitud se tienen que hacer y pagar dentro del periodo que va desde el 14 de agosto de 2010 hasta el plazo que fija la resolución de otorgamiento, que no puede ser superior al 15 de agosto de 2011.

3.- No son subvencionables las instalaciones que son obligatorias por aplicación del Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE núm. 74, de 28 de marzo de 2006), tanto si se trata de obra nueva cómo si se trata de obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realizan en edificios existentes.

4.- No son subvencionables la adquisición de las instalaciones o equipos mediante leasing ni ninguna otra fórmula de arrendamiento financiero en la cual los bienes no son propiedad del beneficiario.

5.- El IVA es subvencionable siempre que el beneficiario no lo pueda recuperar o compensar.

6.- También se consideran subvencionables las inversiones realizadas por las empresas de servicios energéticos, de acuerdo con el artículo 19 del Real Decreto-Ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y ocupación, ESE, que tengan contratada, en la fecha de justificación de la inversión, una prestación de servicios en un centro consumidor de energía.

CANTABRIA

El plazo para solicitar la subvención es el 31 de marzo de 2012.

► Programa de IDAE-GENERCAN 2010 para las actuaciones de Apoyo Público contempladas en el Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010.

Anuncio de ampliación del plazo de presentación de solicitudes, dentro de la convocatoria de ayudas IDAE-GENERCAN 2011 para las actuaciones de apoyo público para el desarrollo de las energías renovables en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Cantabria PER 2011. (BOC núm. 243, de 22 de diciembre de 2011). El nuevo plazo termina el día 31 de marzo de 2012.

Anuncio de las bases del programa de ayudas IDAE-GENERCAN 2011 para las actuaciones de apoyo público para el desarrollo de energías renovables en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Cantabria. (BOC núm. 213, de 8 de noviembre de 2011).

Fruto del Convenio de colaboración suscrito entre el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; el Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE); el Gobierno de Cantabria a través de la Sociedad Gestión Energética de Cantabria (GENERCAN) el 12 de Septiembre de 2011, convoca las actuaciones de apoyo público contempladas en el Plan de Energías Renovables. Este plan se enmarca en el conjunto de actuaciones del Gobierno en materia de ahorro, diversificación energética y respeto del medioambiente, encaminadas a cumplir los compromisos internacionales en estas materias.

El Plan de Energías Renovables, establece actuaciones concretas, concentradas en los sectores con un mayor potencial, que requieren de mayor urgencia en su implantación y un mayor apoyo para conseguir los objetivos previstos. De esta forma se potencian e incorporan las fuentes menos contaminantes, fomentando el aprovechamiento de los recursos en energías renovables.

Para continuar con el desarrollo de las actuaciones llevadas a cabo en el marco del Plan de Energías Renovables 2005-2010, en el año 2011 el Gobierno de Cantabria contaba con un presupuesto específico por un importe total de 500.000 €. Estas ayudas se preveía que arrastrasen una inversión directa cercana a los tres millones de euros y una reducción de las emisiones causantes del efecto invernadero de unas 1.100 toneladas de CO₂ anuales.

La mayor parte de las instalaciones de energía solar térmica, geotermia y biomasa se destinan al uso doméstico para el calentamiento del agua de consumo y apoyo a la calefacción, aunque

también se vienen solicitando para calentamiento de piscinas o ACS en pabellones deportivos públicos y privados y actuaciones en centros de educación medioambiental.

Las instalaciones de generación fotovoltaica y mixtas eólica-fotovoltaica se destinan principalmente a la iluminación en zonas de difícil suministro eléctrico, así como para alimentar semáforos.

Esta convocatoria tiene por objeto promover la realización de instalaciones de aprovechamiento de biomasa, ubicadas en la Comunidad Autónoma de Cantabria; más concretamente los siguientes tipos:

- Instalaciones de biomasa térmica.
- Instalaciones mixtas de biomasa.

► Programa de ayudas IDAE-GENERCAN para el Programa de Ahorro y la Eficiencia Energética dentro del Plan de Acción 2008-2012 de la E4.

Anuncio de convocatoria 2011 de ayudas IDAE-GENERCAN a ahorro y eficiencia energética. (BOC núm. 247, de 28 de diciembre de 2012).

Fruto del Convenio de colaboración suscrito el 23 de abril de 2008 entre el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Gobierno de Cantabria a través de la Sociedad de Gestión Energética de Cantabria (GENERCAN), esta convocatoria de ayudas tiene por objeto promover actuaciones de ahorro y eficiencia energética en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Los sectores, medidas y presupuesto previsto son:

1.- Industria:

- 1.1.- Programa de ayudas públicas.
- 1.2.- Auditorías energéticas.

2.- Transporte:

- 2.1.- Promoción de la bicicleta eléctrica en el trabajo.
- 2.2.- Gestión de flotas de transporte por carretera.
- 2.4.- A Renovación del parque automovilístico de turismos.

3.- Edificación:

- 3.2.- Mejora de eficiencia energética de instalaciones térmicas de edificios existentes.
- 3.3.- Mejora de eficiencia energética de iluminación interior de edificios existentes.
- 3.4.- Construcción de nuevos edificios con alta calificación energética.
- 3.6.- Mejora de la eficiencia energética en ascensores existentes.
- 3.7.- Auditorías energéticas en edificios.

4.- Servicios Públicos:

- 4.1.- Renovación de instalaciones de alumbrado público exterior existentes.
- 4.2.- Estudios, análisis de viabilidad y auditorías de instalaciones de alumbrado público exterior.

7.- Transformación:

- 7.1.- Ayudas públicas a cogeneraciones no industriales.

- 7.2.- Estudios de viabilidad de cogeneraciones.
- 7.3.- Auditorías energéticas de cogeneraciones.
- 7.4.- Fomento de plantas de cogeneraciones de pequeña potencia.

CASTILLA-LA MANCHA

A continuación, se recogen las convocatorias más recientes:

- DOCM: 29/05/08 Orden de 12-05-2008, de la Consejería de Industria y Sociedad de la Información, por la que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para la implantación de energías renovables de uso propio en Castilla-La Mancha.
- DOCM: 16/06/08 Corrección de errores de la Consejería de Industria y Sociedad de la Información, a la Orden de 12-05-2008, por la que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para la implantación de energías renovables de uso propio en Castilla-La Mancha.
- DOCM: 26/02/09 Orden de 16-02-2009, de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente, por la que se modifica la Orden de 12/05/2008, de la Consejería de Industria y Sociedad de la Información, por la que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para la implantación de energías renovables de uso propio en Castilla-La Mancha.
- DOCM: 15/10/10 Resolución de 08/10/2010, por la que se convocan ayudas para el aprovechamiento de energías renovables en Castilla-La Mancha, para el año 2010, en las áreas tecnológicas solar térmica, biomasa térmica y fotovoltaica aislada. DOCM: 01/06/11 Resolución de 12/05/2011, por la que se reajustan las cuantías correspondientes a la convocatoria efectuada por resolución de 08/10/2010, de la misma Consejería, por la que se convocan ayudas para el aprovechamiento de energías renovables en Castilla-La Mancha para el año 2010, en las áreas tecnológicas solar térmica, biomasa térmica y fotovoltaica aislada.

Plazo de presentación de solicitudes: 16/10/2010 – 30/11/2010.

Objeto: Conceder ayudas para el aprovechamiento de energías renovables mediante la aplicación de las siguientes tecnologías:

- a) Biomasa.
- b) Híbrida biomasa + solar térmica.

Destinatarios:

- Personas físicas.
- Sociedades mercantiles.
- Corporaciones Locales, incluidas sus agrupaciones o mancomunidades.
- Asociaciones
- Comunidades de bienes.

Requisitos exigidos:

- No podrán obtener la condición de beneficiario las personas o entidades en quienes concurra alguna de las prohibiciones establecidas en el art. 13 de la Ley General de Subvenciones.
- En el supuesto de comunidades de bienes, para poder ser beneficiario de la subvención se ha de presentar compromiso de cada comunero de no disolver la comunidad de bienes durante el plazo de 4 años, a contar desde el día siguiente a la notificación de la resolución de concesión, y de cumplir como personas físicas conjunta y solidariamente las obligaciones que como beneficiarios corresponda, designando a estos efectos un representante o apoderado común de la comunidad de bienes, con poderes bastantes para cumplir las obligaciones que, como beneficiario, correspondan a la misma.

Importes:

a) Instalaciones solares térmicas.- Se toma como coste de referencia, una inversión máxima por unidad de potencia de captación instalada según las características de cada proyecto de:

- Hasta 14 kW ó 20 m²: 1.160 euros por kW (812 euros/m²).
- Más de 14 kW ó 20 m²: 1.015 euros por kW (710,5 euros/m²).

b) Instalaciones de biomasa.- Se toma como coste de referencia, una inversión máxima por unidad de potencia térmica instalada de 600 euros/kW.

c) Instalaciones híbridas biomasa+solar térmica. Se toma como costes de referencia los indicados, respectivamente, para cada una de las áreas tecnológicas.

Criterios:

a) La ubicación de la instalación.

b) Instalaciones para uso de más de una vivienda.

c) Instalaciones que den servicio en centros de interés social, tales como colegios o residencias de ancianos.

d) Instalaciones que den servicio a locales de pública concurrencia.

e) Instalaciones efectuadas en zonas que requieran, por su especial protección un informe favorable del órgano autonómico competente en materia de medio ambiente.

Información adicional: Se toman como costes de referencia de las inversiones subvencionables los que se relacionan en el apartado Cuarto de la Resolución de 08/10/2010, de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente, por la que se convocan ayudas para el aprovechamiento de energías renovables en Castilla-La Mancha para el año 2010.

CASTILLA Y LEÓN

El plazo para solicitar la subvención finaliza el 30 de marzo de 2012.

- ▶ Orden EYE/1596/2011, de 23 de diciembre, por la que se convocan subvenciones públicas cofinanciables con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional dirigidas a la realización de inversiones en ahorro y eficiencia energética en el Sector Transformación de la Energía de Castilla y León (Código REAY IND038). (BOCYL núm. 249, de 29 de diciembre de 2011.)

Las subvenciones previstas en esta convocatoria tienen por objeto financiar la realización de inversiones en ahorro y eficiencia energética en el sector transformación de la energía de Castilla y León, relativas al desarrollo potencial de la cogeneración en el sector no industrial y para el fomento de la instalación de plantas de cogeneración de pequeña potencia y relativas a la realización de estudios de viabilidad para cogeneraciones o a la realización de auditorías energéticas en plantas de cogeneración existentes.

CATALUÑA

El plazo para solicitar la subvención ha concluido.

- ▶ Resolución publicada en el DOGC: EMO/2813/2011, de 30 de noviembre, per la qual s'aproven les bases reguladores en règim de concurrència competitiva i en règim reglat, mitjançant concurrència pública no competitiva, per a la concessió de les subvencions en el marc del Programa d'energies renovables i se'n fa pública la convocatòria per a l'any 2011.

Se consideran beneficiarios y pueden acogerse a las ayudas de esta convocatoria los destinatarios siguientes:

- a) Para la realización de instalaciones de aprovechamiento de biomasa leñosa para calefacción de viviendas: Familias.
- b) Para la realización de instalaciones de aprovechamiento de biomasa leñosa para usos térmicos (producción y distribución de calor y frío) que valoren la biomasa mediante procesos termoquímicos: Empresas privadas, instituciones sin ánimo de lucro, corporaciones locales, otras nos dependientes de corporaciones locales, fundaciones.
- c) Para la realización de instalaciones de producción y aprovechamiento energético de biogás generado a partir del proceso biológico de la digestión anaerobia (el aprovechamiento energético se podrá llevar a cabo mediante la producción térmica o la producción eléctrica): Empresas privadas.

Son objeto de subvención los proyectos relacionados en este apartado y que superan las normas comunitarias para la protección del medio ambiente o, en ausencia de normas de ámbito comunitario, aumentan el nivel de protección del medio ambiente. Son subvencionables los proyectos y actuaciones que se puedan integrar en alguno de los apartados siguientes:

- a) Instalaciones de aprovechamiento de biomasa leñosa para calefacción de viviendas.
- b) Instalaciones de aprovechamiento de biomasa leñosa para usos térmicos (producción y distribución de calor y frío) que valoren la biomasa mediante procesos termo-químicos. No se incluyen en este ámbito de actuación las instalaciones de producción eléctrica con biomasa y las instalaciones de valoración energética de la biomasa a partir de procesos biológicos o bioquímicos.

c) Instalaciones de producción y aprovechamiento energético del biogás generado a partir del proceso biológico de la digestión anaerobia. El aprovechamiento energético se puede llevar a cabo mediante la producción térmica o la producción eléctrica.

d) Transformación de vehículos pesados para ser alimentados con aceites vegetales puros. No se otorgarán ayudas en caso de que la superación de normas de los proyectos y actuaciones descritas consistan en una adecuación de la empresa a normas comunitarias ya aprobadas que todavía no estén en vigor. En caso de tratarse de pymes dedicadas a la producción de productos agrícolas, se pueden otorgar ayudas que permitan al beneficiario de cumplir con las normas mínimas de introducción reciente sobre medio ambiente, higiene y bienestar animal.

La cuantía máxima de las ayudas para los diferentes ámbitos de actuación es la siguiente:

a) Para instalaciones de aprovechamiento de biomasa leñosa para calefacción de viviendas, la cuantía máxima será del 30% del coste subvencionable, hasta un máximo de 15.000 euros por instalación. Este coste subvencionable estará limitado a un valor máximo de 6.000 euros para los hogares de fuego del tipo insertables y de 600 euros por kW de potencia térmica instalada en calderas y estufas.

b) Para la realización de instalaciones de biomasa leñosa para usos térmicos. Para corporaciones locales la intensidad máxima es de un 45% del coste de inversión elegible (ayuda máxima por proyecto de 100.000 euros). Para el resto de beneficiarios la intensidad máxima es de un 30% del coste de inversión elegible con un límite máximo de 30.000 euros por proyecto en el caso de empresas privadas.

c) Para la realización de instalaciones de biogás, la intensidad máxima es de hasta el 30% del coste de inversión elegible de la instalación.

CEUTA

No se tiene constancia de que se haya abierto el plazo para solicitar alguna subvención este año ni en años anteriores, a pesar de que el pasado 26 de febrero de 2012 apareció la noticia de que el Gobierno había transferido 280,8 millones de euros a las comunidades autónomas para financiar planes de ahorro energético, incluyendo la instalación de energías renovables.

COMUNITAT VALENCIANA

El plazo para solicitar la subvención ha concluido el 6 de agosto de 2012.

► Ayudas Programa de Energías Renovables y Biocarburantes para el ejercicio 2011 (DOCV nº6530, 27/05/2011).

El objeto de este programa es impulsar las actuaciones encaminadas a la explotación de los recursos energéticos renovables y fomentar el uso de los biocarburantes.

Podrán acogerse a estas ayudas las empresas, particulares, ayuntamientos, entidades públicas y entidades, instituciones sin ánimo de lucro, etc., dependiendo de lo establecido en las distintas actuaciones.

Los beneficiarios deben tener su domicilio, sede social o establecimiento de producción en la Comunidad Valenciana, y los proyectos objeto de ayuda deben estar localizados en dicho territorio.

Aplicaciones subvencionables:

A) Energía solar térmica e instalaciones híbridas energía solar térmica-biomasa térmica.

Instalaciones para el aprovechamiento de la energía solar mediante captadores térmicos e instalaciones híbridas de captadores térmicos y calderas de biomasa, incluyendo la incorporación de sistemas de telemonitorización y visualización de la energía producida en instalaciones nuevas o existentes.

Aplicaciones:

Producción de agua caliente sanitaria (ACS).

Calefacción o climatización.

Climatización de piscinas cubiertas.

Calentamiento de agua para procesos industriales.

Incorporación de sistemas de telemonitorización y/o sistemas de visualización en instalaciones nuevas o existentes.

B) Energía de la biomasa térmica/eléctrica, equipos de tratamiento en campo de biomasa para astillado o empacado, plantas de fabricación de pellets/briquetas, adaptación camiones cisterna para transporte/suministro biomasa.

Instalaciones para el aprovechamiento (térmico y/o eléctrico) de residuos forestales, agrícolas, industriales o materia prima procedente de cultivos. Equipos de tratamiento en campo de biomasa para su astillado o empacado, con el único fin de su utilización en procesos energéticos, maquinaria específica e instalaciones para fabricación de pellets/briquetas, para su uso energético; inversiones en equipo y maquinaria específica para la adaptación de camiones cisterna destinados a la distribución y/o suministro a granel de biomasa para su uso energético.

Aplicaciones:

- Producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- Calefacción o climatización.
- Climatización de piscinas cubiertas.
- Generación térmica para procesos industriales.
- Generación de energía eléctrica.
- Producción combinada de energía eléctrica y térmica (cogeneración).
- Tratamiento en campo (astillado y/o empacado).
- Plantas de fabricación de pellets/briquetas.

- Sistemas de calefacción de distrito (district heating).
- Adaptación de camiones cisterna con equipos específicos para la distribución y/o suministro de biomasa.

Rango energético:

- Producción de energía térmica para uso doméstico o en edificios.
- Instalaciones de calefacción con sistemas de recuperación y distribución de calor.
- Aplicaciones térmicas industriales: instalaciones de hasta 10.000.000 kcal/h.
- Generación de energía eléctrica: instalaciones de hasta 10 MW.
- Cogeneración: instalaciones de hasta 10 MW.

Modalidad:

- Usuario final de la energía.
- A través de Empresa de Servicios Energéticos (únicamente en el caso de instalaciones de biomasa térmica para uso doméstico o en edificios).

C) Biogás térmico o eléctrico.

D) Biocarburantes.

EXTREMADURA.

El plazo de finalización límite para solicitar la subvención es el 10 de febrero de 2011.

- Orden de 30 de diciembre de 2010 por la que se convoca la concesión de ayudas para la promoción y aprovechamiento de las energías renovables para el año 2011. (DOE núm. 5, 10/01/2011).

La presente orden convoca ayudas para la promoción y el aprovechamiento de energías renovables en Extremadura, para el ejercicio 2011, conforme a lo establecido en el Decreto 263/2008, de 29 de diciembre, modificado por Decreto 242/2009, de 20 de noviembre, y por Decreto 220/2010, de 3 de diciembre, dando cumplimiento a lo establecido en el Convenio de Colaboración suscrito con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) para tal fin.

GALICIA.

El plazo para solicitar la subvención finaliza el 27 de enero de 2012.

- Resolución de 1 de diciembre de 2011 por la que se establecen las bases reguladoras y se anuncia la convocatoria anticipada de subvenciones a proyectos de energías renovables con financiación procedente de fondos comunitarios derivados del Programa operativo Feder-Galicia 2007-2013. (DOG Núm. 236 Martes, 13 de diciembre de 2011).

Tiene por objeto regular la concesión de subvenciones a las actuaciones y proyectos de energías renovables.

Instalaciones subvencionables: Instalaciones para el calentamiento de un fluido mediante calderas y equipos homologados que utilicen biomasa como combustible.

No son subvencionables los proyectos que consistan únicamente en sustituciones de quemadores en calderas ya existentes.

LA RIOJA

La presentación de las solicitudes es del 1 de enero de 2012 al 31 de julio de 2012, por lo tanto actualmente el plazo ha concluido.

► Orden 41/2009 del 14 de Octubre de 2009 publicada en el Boletín Oficial de La Rioja nº. 129 en la página 13342 Principal, por la que se establecen las bases reguladoras de la concesión de subvenciones, en actuaciones dentro de la estrategia de ahorro y eficiencia energética (e4+): mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes.

► Resolución 376 y 377 del 20 de Diciembre de 2011 publicada en el Boletín Oficial de La Rioja nº. 165 en la página 10797 y 10799, respectivamente, del Consejero de Industria, Innovación y Empleo por la que se convocan las subvenciones reguladas en la Orden 41/2009, de 14 de octubre, de la Consejería de Industria, Innovación y Empleo, por la que se establecen las bases reguladoras de la concesión de subvenciones dentro de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética (E4+): mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes, dirigida a Entidades Locales de La Rioja, en el primer caso, y a comunidades de propietarios de viviendas en régimen de propiedad horizontal, personas físicas e instituciones sin ánimo de lucro, en el segundo caso.

El objeto de la ayuda es la concesión de subvenciones, en régimen de concurrencia, para proyectos de utilización y sustitución racional de fuentes de energía dentro de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4+).

Tendrán la consideración de beneficiarios:

- a) Comunidades de propietarios de viviendas en régimen de propiedad horizontal en la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- b) Personas físicas e instituciones sin ánimo de lucro que realicen las actuaciones subvencionables en la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- c) Entidades Locales.

Todas las actuaciones subvencionables se realizarán en el territorio de la Comunidad Autónoma de La Rioja y en el plazo que se fije la resolución de convocatoria.

Dentro de la medida Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes se subvencionarán los siguientes conceptos:

Inversiones en la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes que se renueven o reformen, de forma que cumplan, al menos, con las exigencias mínimas que fija la normativa vigente, reduciendo el consumo de energía.

Serán susceptibles de obtener subvención las actuaciones de mejora o sustitución de las instalaciones térmicas en edificios existentes que consigan una reducción anual de al menos un 20% del consumo de energía convencional de calefacción, climatización o producción de agua caliente sanitaria del edificio, justificándose documentalmente y considerando su sobrecoste.

Las actuaciones energéticas objeto de subvención podrán ser, con carácter orientativo y no limitativo, las siguientes:

- a) Sustitución de equipos de producción de calor y frío por otros, seleccionados en base a un mayor rendimiento energético, tanto para instalaciones de tipo individual como centralizado.
- b) Sustitución de equipos de movimiento de los fluidos caloportadores por otros, seleccionados en base a un mayor rendimiento energético.
- c) Sistemas de enfriamiento gratuito por aire exterior y de recuperación de calor del aire de extracción.
- d) Sistemas que combinen equipos convencionales con técnicas evaporativas que reduzcan el consumo de energía de la instalación: enfriamiento evaporativo, condensación evaporativa, preenfriamiento evaporativo del aire de condensación, enfriamiento evaporativo directo o indirecto previo a la recuperación de calor del aire de extracción, etc.
- e) Sistemas de control y regulación de equipos y/o instalaciones que ahorren energía.
- f) Las nuevas instalaciones de sistemas centralizados de calefacción y refrigeración urbana o de distrito o que den servicio a varios edificios, así como la reforma y ampliación de las existentes. En este caso estarán incluidos los equipos de generación, el tendido de las tuberías de transporte de los fluidos caloportadores, sus sistemas de regulación y control, y la obra civil directamente asignable para implantación de las mismas.

Las inversiones que hayan sido objeto de la subvención en esta Orden reguladora deberán destinarse al fin concreto para el que la misma se conceda durante un período, como mínimo, de 2 años.

COMUNIDAD DE MADRID

El plazo para presentar la solicitud de subvención en materia de energías renovables finaliza el 1 de octubre de 2012.

Comprende las siguientes energías: solar térmica de baja temperatura, solar fotovoltaica aislada, minieólica, aprovechamiento de biomasa y residuos, aprovechamiento de energía geotérmica, instalaciones mixtas de dos o más de los tipos anteriores.

Podrá solicitar la ayuda, en todo caso, el titular de las instalaciones, ya sea persona física o jurídica, cualquiera que fuera su forma, así como cualquier tipo de organismos públicos o privados. Las Empresas de Servicios Energéticos no podrán ser beneficiarias de las ayudas de este Plan.

Se considerarán susceptibles de obtener los incentivos las siguientes instalaciones de aprovechamiento de energías renovables:

- 1.- Solar térmica de baja temperatura.
- 2.- Solar fotovoltaica aislada o mixta fotovoltaica-eólica.
- 3.- Biomasa: Sistemas de producción de energía térmica para uso doméstico, industrial o en servicios utilizando biomasa como combustible. Formarán parte de las partidas elegibles el coste de los equipos e instalaciones, obra civil asociada y realización de proyectos de ingeniería. En el caso de redes de distrito, se considerarán elegibles ampliaciones a nuevos usuarios, aunque permanezca inalterada la potencia de generación térmica. No serán susceptibles de recibir incentivos aquellos proyectos, o la parte correspondiente, cuya instalación sirva para cumplir los requisitos, susceptibles de aplicación, fijados por el Código Técnico de la Edificación u Ordenanzas Municipales. Además, no se considerarán susceptibles de recibir incentivos las estufas domésticas que utilicen como combustible "pellets" o productos similares. Se considerarán como estufas domésticas a estos efectos aquellas que proporcionan calor directo en el lugar donde se instalan, sin radiadores.
- 4.- Energía geotérmica de baja temperatura.
- 5.- Instalaciones mixtas de dos o más de los tipos anteriores.

MELILLA

No se tiene constancia de que se haya abierto el plazo para solicitar alguna subvención este año ni en años anteriores relacionadas con la biomasa. La convocatoria más reciente de energías renovables se centró en una subvención para energía solar destinada a la producción de agua caliente sanitaria, calefacción y climatización.

- Acuerdo del Consejo de Gobierno de fecha 28 de agosto de 2009, relativo a aprobación de las bases del plan de acción de energías renovables 2009.

REGIÓN DE MURCIA

El periodo subvencionable es el comprendido entre el 1 de enero de 2011 y el 15 de octubre de 2012.

- Convocatoria de ayudas para la ejecución y explotación de proyectos de gestión energética sostenible en el medio rural y urbano por medio de instalaciones de aprovechamiento de recursos energéticos renovables, en el área solar térmica, biomasa, solar fotovoltaica aislada, mixta eólico-fotovoltaica, biogás, biocarburantes y geotermia.

Subvención para la ejecución y explotación de los proyectos de instalaciones de aprovechamiento de recursos energéticos renovables en las áreas solar térmica de baja temperatura, biomasa térmica, instalaciones híbridas biomasa+solar térmica, solar fotovoltaica aislada y mixta eólico-fotovoltaica, pequeñas instalaciones para obtención y aprovechamiento de biogás, equipos de tratamiento en campo de biomasa, surtidores para biocarburantes y geotermia, desarrollados en el ámbito territorial de la Región de Murcia.

Tendrán la consideración de proyectos objeto de las ayudas, entre otros, los de ejecución y consiguiente explotación de instalaciones fijas para el aprovechamiento de la energía solar térmica mediante sistemas de captación de baja temperatura, biomasa para la producción térmica, las instalaciones híbridas de producción de energía térmica a partir del sol y de la biomasa y las instalaciones que utilicen la energía geotérmica.

Podrán ser beneficiarios de las subvenciones las corporaciones locales, las empresas privadas, las familias e instituciones sin fines de lucro domiciliadas en la Región de Murcia, pertenecientes a cualquier sector o actividad, ya sean personas privadas, físicas, jurídicas, y comunidades de bienes u otros tipos de unidades económicas o patrimonio separado sin personalidad jurídica, que no estén incurso en ninguna de las circunstancias establecidas en el artículo 13.2 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.

No podrán obtener la condición de beneficiario aquellas empresas que operan en los sectores determinados en el punto 1 del artículo 1 del Reglamento CE 1998/2006 de la Comisión, de 15 de diciembre de 2006, relativo a la aplicación de los artículos 87 y 88 del Tratado a las ayudas de mínimis (las ayudas “de mínimis” son aquellas concedidas por los Estados miembros de la Unión Europea a sus empresas, cuyos efectos sobre la competencia son limitados y, por ello, no existe la obligación de comunicar a la Comisión Europea con carácter previo a su concesión), cuando se trate determinado tipo de ayudas que se detallan en dicho artículo.

Los beneficiarios deben tener su domicilio, sede social o establecimiento de producción en la Región de Murcia y los proyectos objeto de ayuda deben estar localizados en dicho territorio.

Proyectos subvencionables:

1.- Tendrán la consideración de proyectos subvencionables los de ejecución y consiguiente explotación de instalaciones fijas para el aprovechamiento de la energía solar térmica mediante sistemas de captación de baja temperatura, biomasa para la producción térmica, las instalaciones híbridas de producción de energía térmica a partir del sol y de la biomasa, las pequeñas instalaciones para la obtención y aprovechamiento del biogás, los sistemas de generación eléctrica aislados de la red ejecutados mediante módulos fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores, las pequeñas instalaciones para la obtención y aprovechamiento del biogás, los equipos de tratamiento en campo de biomasa y las instalaciones que utilicen la energía existente en el subsuelo, ubicadas en los equipos de tratamiento en campo de biomasa, los surtidores para biocarburantes y el aprovechamiento de la energía geotérmica, ubicados en el medio rural o urbano, en los sectores industrial, edificación, agrícola, forestal, y en general, en edificaciones e instalaciones vinculadas o no a explotaciones agrarias e instalaciones de titularidad municipal, que cumplan los siguientes requisitos:

- a) Que fomenten la sustitución de consumos de energías convencionales, por energía procedente de sistemas de producción de energía a partir del sol, la biomasa, el biogás y la geotermia.
- b) Que incentiven la recolección y tratamiento en campo de biomasa mediante los equipos adecuados o que ayuden a la implantación de la distribución de biocarburantes.
- c) Que contribuyan a la protección del medio ambiente, siempre que no sean de instalación obligatoria para el beneficiario a tenor de la Reglamentación vigente aplicable

a la Edificación y su aprovechamiento se produzca dentro del área geográfica de la Región de Murcia.

2.- Las actuaciones deberán estar incluidas en alguna de las aplicaciones siguientes:

a) Área de Biomasa. Tipo de aplicaciones: Producción de energía térmica, para uso doméstico, industrial o en edificios utilizando como combustible biomasa.

b) Área Solar Térmica.

3.- Se establece en uno el número máximo de proyectos subvencionables, por tecnología y periodo subvencionable, salvo, en el caso de una solicitud de varias instalaciones enmarcadas en una misma acción en el área solar térmica de baja temperatura y biomasa o en actividades divulgativas, docentes, humanitaria u otras de interés social, presentada por una institución de carácter social, en el que se establecía el número máximo de instalaciones en atención al criterio de satisfacción efectiva de la finalidad propuesta en la acción, con un máximo de cuatro instalaciones, y siempre, dentro, de las disponibilidades presupuestarias existentes.

COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA

El plazo para solicitar subvención es del 22 de junio de 2012 al 22 de septiembre de 2012.

► Subvención a instalaciones de energías renovables 2012.

La finalidad de esta subvención es contribuir al desarrollo de las diferentes tecnologías de energías renovables que necesitan un apoyo para su implantación, y alcanzar los objetivos previstos en el III Plan Energético de Navarra horizonte 2020.

Podrán ser objeto de subvención las inversiones realizadas en Navarra en los tipos de instalación que se detallan a continuación, siempre que cumplan con los requisitos establecidos en la normativa específica que les resulte de aplicación.

a) Solar térmica:

a.1) Nuevas instalaciones.

a.2) Auditorías y reformas de instalaciones existentes.

b) Biomasa:

Instalaciones de producción de energía térmica para uso doméstico, industrial o en edificios utilizando como combustible biomasa y cuyo rendimiento mínimo sea de un 75%. Se considera uso industrial el ligado a procesos productivos, no siendo tal la climatización y suministro de ACS a zona de oficinas de naves industriales. Aquellas instalaciones destinadas a climatización no podrán distribuir el calor mediante aire.

Estos equipos deberán instalarse conforme a las recomendaciones del fabricante y cumpliendo la normativa aplicable.

En instalaciones no industriales, la potencia máxima subvencionable será de 120 W/m², y se diferencian tres tipos de instalaciones subvencionables:

b.1) Calderas automáticas: Deberán tener un rendimiento superior al 90%. Se entenderá por caldera automática aquella que tenga automatizados al menos los sistemas de encendido, alimentación, limpieza y extracción de cenizas, y que tenga un depósito de combustible que garantice una autonomía mínima de 100 horas (se excluyen las estufas que incorporan un pequeño depósito de combustible que no es suficiente para dar esta autonomía).

b.2) Calderas multicomcombustible (que empleen diferentes tipos de biomasa), calderas de gasificación de leña, estufas de pellets o calderas que no tengan automatizados todos los sistemas citados en el punto anterior.

b.3) Otras instalaciones conectadas al sistema hidráulico de calefacción/ACS (tipo paila o fuego bajo).

En aquellas instalaciones con una potencia de calefacción de más de 70kW, será obligatorio incorporar un sistema de medición de la energía térmica producida, siendo aconsejable en instalaciones menores.

En las instalaciones con potencia igual o superior a 400 kW será obligatoria la instalación de sistemas de depuración de partículas, para que las emisiones no superen los 200 mg/Nm³.

c) Instalaciones mixtas de dos o más de los tipos anteriores.

PAÍS VASCO

El plazo para solicitar la subvención para estos proyectos de energías renovables es hasta el 30 de noviembre de 2011.

► Programa de ayudas públicas a inversiones en energías renovables.

Actuaciones subvencionables:

A) Área de biomasa térmica. Sistemas de producción de energía térmica a partir de biomasa, para uso doméstico o en edificios e Industrias. Los principales elementos de que consta este tipo de instalaciones, y cuyo coste se considera elegible, son los siguientes:

- Sistema de tratamiento y alimentación de combustible: Preparación del combustible para que la caldera del propio proyecto lo reciba en la forma y cantidades necesarias para alcanzar las prestaciones de la instalación. Si el sistema produce una cantidad de combustible superior a la consumida por la instalación térmica, sólo se considerará como partida elegible la fracción de la instalación correspondiente al porcentaje de suministro del propio proyecto.
- Sistema de combustión u horno: En lo que permita y esté destinado exclusivamente a la generación de calor por combustión de la biomasa, transfiriéndolo éste a las paredes de la caldera y evacuando los humos de forma adecuada.
- Caldera: Sistema que transfiere la energía térmica generada en el hogar y en el circuito

de humos al fluido, agua presurizada, agua-vapor saturado o sobrecalentado, aceite para calefacción/refrigeración o suministro de agua caliente.

- Sistemas de generación de frío asociados a la generación de calor mediante máquinas de absorción.
- Sistema de distribución: bien en el propio edificio o distribuido en los sistemas de distrito del tendido de tuberías así como el sistema de regulación, control y medida de consumos energéticos.
- Sistema eléctrico, de control y monitorización.
- Obra civil: en la que se incluyen excavaciones, cimentaciones, zanjas, urbanización, edificios, etc. La elegibilidad de este coste no se dará con carácter general, sino que su consideración final será estudiada de manera individualizada y será evaluada por EVE.

En el caso de redes de distrito, se consideran elegibles ampliaciones a nuevos usuarios, aunque permanezca inalterada la potencia de generación térmica.

B) Área pequeñas instalaciones de aprovechamiento de biogás. Producción de energía térmica o eléctrica mediante el aprovechamiento energético del biogás producido por digestión anaerobia de residuos biodegradables, para instalaciones de potencia eléctrica inferior a 200 kW. Los principales elementos de que consta este tipo de instalaciones, y cuyo coste se considera elegible, son los siguientes:

- Sistemas de manipulación y preparación del residuo: transporte del residuo hasta la planta, homogeneizado, adecuación y almacenamiento del mismo.
- Reactor: formado por el equipo propiamente dicho y sus sistemas de alimentación y descarga, extracción del biogás, retirada de sólidos y lodos, y sistema de calefacción.
- Gestión y manipulación del biogás: sistemas de depuración del biogás, gasómetros, compresores, etc.
- Sistemas de aprovechamiento energético: motores de combustión del biogás y equipos de recuperación de calores residuales, calderas etc.
- Conexión a la red: equipamiento eléctrico (transformador, cabinas, protección y medida, etc.) y aparata de interconexión a la red.
- Obra civil: excavaciones, cimentaciones, zanjas, urbanización, edificios, etc.

C) Área equipos de tratamiento en campo de biomasa. Maquinaria específica para el tratamiento de la biomasa, para uso energético, en campo a fin de facilitar su recogida y transporte de forma que se reduzcan los costes asociados al transporte de la misma. Formarán parte de las partidas elegibles el coste de los equipos que forman parte de la maquinaria específica no incluyéndose equipos independientes para su movimiento a menos que se trate de máquinas autopropulsadas, caso en el que toda la máquina se considerará como partida elegible. Los principales elementos de que consta este tipo de equipos son los siguientes:

- Sistema de tratamiento de la biomasa: Astillado/Empacado.
- Sistemas hidráulicos, mecánicos o de cualquier tipo asociados al accionamiento del sistema de tratamiento.
- Sistemas de control, monitorización y telegestión del equipo.
- Sistemas eléctricos asociados al sistema de tratamiento.
- Accesorios y equipos auxiliares necesarios para el accionamiento y operación del sistema de tratamiento, siempre y cuando estén unidos físicamente al sistema de tratamiento, como motores, grapas, pinzas, compuertas, etc.
- Habitáculo para el operador del sistema, siempre y cuando este no sea el habitáculo perteneciente a otro vehículo independiente utilizado para el traslado del equipo.
- En el caso de máquinas autopropulsadas, todos los equipos que conformen la misma aún cuando se objetivo sea el movimiento de la máquina por el terreno.

D) Área de Biocarburantes. Puntos de suministro en estaciones de servicio, para su consumo en el sector de transporte, de biogás, biodiésel y de mezclas con obligación de etiquetado específico, tanto de bioetanol con gasolina como de biodiésel con gasoil. Sólo serán elegibles las inversiones correspondientes al almacenamiento y suministro de biocarburantes puros o de mezclas con obligación de etiquetado específico. En el caso de que el punto de suministro permita disponer de otros productos distintos a estos, se deducirán de la inversión elegible tanto la relativa al almacenamiento e instalación electromecánica de esos carburantes, como la parte proporcional de la correspondiente al surtidor, en función del número de productos disponible en el punto de suministro.

E) Instalaciones híbridas. Instalaciones híbridas (Biomasa+Solar térmica, I. Geotérmico+Biomasa, etc.) con las descripciones y límites fijados anteriormente para cada tipo de energía.

F) Instalaciones de otras energías renovables y proyectos singulares. Instalaciones de otras Energías Renovables y proyectos singulares (paneles termodinámicos, aerotermias, hidrotermias, etc.).

G) Estudios de Viabilidad. Para este caso EVE se reserva aceptar o no el estudio presentado, y se dará de acuerdo a la calidad técnica del trabajo.

12.1.2.- FINANCIACIÓN

Por otra parte, además de las ayudas, se dispone de diferentes tipos de financiación, incluyendo las que ofrecen las Empresas de Servicios Energéticos, también conocidas como ESE. Algunas de ellas son las que se detallan a continuación:

► **“Third party financing”** es una modalidad de financiación en la cual se involucra un tercer agente en la relación contractual de la ESE y el Gobierno Local. Una entidad financiadora (banco, entidad de crédito, etc.) se involucrará en el proyecto, realizando la inversión sobre el mismo.

► **Financiación mixta** consiste en la financiación de la inversión por parte de la ESE y el Gobierno Local de forma conjunta con el objeto de que éste se involucre más en el proyecto y se pueda reducir la duración del contrato.

► **Financiación propia** en la que el propio Gobierno Local asume la inversión del proyecto. Este sistema de financiación se aleja del modelo específico de ESE y se ajusta más a la relación comercial que actualmente existe para el caso de empresas instaladoras de equipos.

13.- POSIBILIDADES DE COLABORACIÓN ENTRE ENTIDADES PÚBLICAS Y/O PRIVADAS.

Los diferentes tipos de asociación entre entidades públicas y/o privadas, constituyen una opción muy interesante y versátil a disposición de las Corporaciones Locales para afrontar con éxito proyectos de aprovechamiento energético de la biomasa que, de otra manera, sería imposible acometer.

En este sentido, los modelos de colaboración público-privados son una buena solución para garantizar la financiación, construcción, renovación, gestión o mantenimiento de infraestructuras o prestación de servicios. En España se han desarrollado en los últimos años diversos modelos eficientes de colaboración público-privada, en particular en el ámbito de las infraestructuras y de la prestación de servicios.

El concepto genérico de public-private partnership (PPP o P3), o colaboración público privada (CPP), se desarrolló en la segunda mitad de los años noventa en los países anglosajones. La colaboración público-privada (CPP) se refiere a una serie de variantes y modelos de privatización, los cuales se caracterizan por el hecho de que los servicios que el sector público prestaba anteriormente de forma exclusiva se supeditan a entidades de colaboración, en las que participan las administraciones públicas y sociedades del sector privado. Se distingue de los modelos tradicionales de privatización en que las administraciones públicas se comprometen, en mayor o menor medida, en el funcionamiento y el control de las nuevas entidades.

El abanico de posibles CPP se extiende desde los modelos en los que las nuevas entidades se encuentran casi por completo en manos del sector privado, hasta las variantes en que los poderes públicos ejercen un control prácticamente exclusivo.

Las operaciones público-privadas se caracterizan por una serie de elementos:

- 1.- La duración relativamente larga de la relación, que implica la cooperación entre el socio público y el privado en diferentes aspectos del proyecto que se va a realizar.
- 2.- El modo de financiación del proyecto, en parte garantizado por el sector privado, y en ocasiones a través de una compleja organización entre diversos participantes. No obstante, la financiación privada puede completarse con financiación pública que puede llegar a ser muy elevada.
- 3.- El importante papel del operador económico, que participa en diferentes etapas del proyecto (diseño, realización, ejecución y financiación). El socio público se concentra esencialmente en definir los objetivos que han de alcanzarse en materia de interés público, calidad de los servicios propuestos y política de precios, al tiempo que garantiza el control del cumplimiento de dichos objetivos.

4.- El reparto de los riesgos entre el socio público y el privado, al que se le transfieren riesgos que habitualmente soporta el sector público. No obstante, las operaciones de CPP no implican necesariamente que el socio privado asuma todos los riesgos derivados de la operación, ni siquiera la mayor parte de ellos. El reparto preciso de éstos se realiza caso por caso, en función de las capacidades respectivas de las partes en cuestión para evaluarlos, controlarlos y gestionarlos.

De forma general, algunos de los tipos de colaboración detectados entre los Gobiernos Locales y empresas privadas del sector de la biomasa son las siguientes:

- ▶ Descuentos en la compra de equipos de biomasa.
- ▶ Financiación de las inversiones en condiciones ventajosas (por ejemplo, sin intereses).
- ▶ Recuperación de los costes de inversión mediante concesiones de explotación de instalaciones y equipos.
- ▶ Financiación de proyectos de I+D+i para mejorar la calidad y abaratar costes de la biomasa usada en aplicaciones industriales.

En cuanto a otras modalidades de contratación existentes, fundamentalmente en aquellos países con mayor experiencia en los servicios energéticos con financiación basada en ahorros, pueden citarse (Layda, 2010):

- ▶ **Contrato de Prestaciones Energéticas o Energy Performance Contract (EPC):** se basa en una relación contractual estable entre el contratista (empresa de servicios energéticos) y el cliente. La rentabilidad de la empresa proveedora de los servicios energéticos dependerá del rendimiento de los equipos y sistemas utilizados para proporcionar el servicio.
- ▶ **Modelo 4Ps:** se factura la prestación energética en función de la energía consumida. Cada una de las "P" del nombre del servicio hace referencia a las "Prestaciones" solicitadas por el cliente: suministro o gestión del suministro energético; mantenimiento preventivo de los equipos; garantía total; y garantía total; reparación con sustitución.
- ▶ **Contrato de Prestaciones de Ahorro Energéticos o Super Energy Savings Performance Contracts (ESPC):** se basa en la firma de un contrato entre una ESE y una Administración pública. La ESE evalúa el potencial de ahorro energético a partir de una auditoría de las instalaciones de la Administración y realiza una oferta de servicios en un concurso público.

Por último, cabe destacar también algunos ejemplos a nivel nacional de colaboraciones entre compañías del sector de la bioenergía que se agrupan en diferentes formas, tales como federaciones, asociaciones, etc. para llevar a cabo el desarrollo de diferentes proyectos relacionados con la biomasa. Este tipo de asociacionismo corporativo facilita a las distintas Administraciones públicas el desarrollo y la puesta en marcha de iniciativas de colaboración con el sector empresarial.

- ▶ FENAEIC es la Federación Nacional de Agrupaciones de Empresas Innovadoras (AEIs) de AVEBIOM (Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa, integrada por 44 empresas del sector de la bioenergía y 6 organismos de investigación en España) y Clusters.

La organización surge con el objetivo de promover la cooperación entre los clusters, agrupaciones y federaciones y el de ser referente en su ámbito de actuación.

Cuenta con una treintena de socios de todo el territorio nacional, procedentes de unas 10 Comunidades Autónomas. Desde la Federación Nacional de AEIs y Cluster se persiguen las siguientes líneas de actuación:

- Formación.
- Búsqueda y puesta en contacto de socios para proyectos supra-regionales e internacionales.
- Interlocución ante la administración nacional.
- Inclusión en redes internacionales.
- Apoyo institucional en los territorios.

Para la mejora de la actividad de esta Federación y su eficacia asociativa, hay establecidos los siguientes grupos de trabajo:

- I+D+i.
- Desarrollo de negocios.
- Internacionalización de empresas de clústeres.
- Representación institucional/comunicación.

► **Manuf@cturias** es una iniciativa regional de la Plataforma Tecnológica Europea MANUFACTURE, creada en Asturias por diferentes entidades del ámbito privado y público. Su objetivo es promover la renovación, reactivación y reestructuración de sectores industriales tradicionales a través de una estrategia basada en la investigación y la innovación.

Uno de los proyectos que tienen actualmente, es el proyecto INNOCHECK, cuyo objetivo es fomentar la realización de diagnósticos y propuestas de mejora en empresas miembro de la agrupación, tanto en productos como en procesos de fabricación y gestión.

Este proyecto está co-financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, actual Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional con una subvención del 60% sobre el coste total del servicio de diagnóstico (coste máximo: 1.500 €).

► **VITARTIS** es la Agrupación Empresarial Innovadora de Biotecnología Agroalimentaria de Castilla y León, es un "cluster", una asociación que agrupa a diferentes agentes en torno a los sectores biotecnológico y agroalimentario en la región de Castilla y León.

La AEI de AVEBIOM participó en el I Encuentro Nacional de Clusters Biotecnológicos y Agroalimentarios, y en su presentación la AEI mostró, a través de casos prácticos, las posibilidades que puede ofrecer la bioenergía a las empresas del sector agroalimentario. Tras la presentación, la AEI ha mantenido reuniones bilaterales con los representantes de varios clusters agroalimentarios para explorar posibilidades de colaboración:

- Cluster Agroalimentario de Navarra.
- Cluster Food+i de la Rioja.
- Cluster Agroalimentario de Extremadura.
- ASINCAR (Asociación de Industrias Cárnicas del Principado de Asturias).

La AEI de AVEBIOM fue invitada a participar en la Asamblea General de Vitartis y realizar una presentación sobre las posibilidades de colaboración entre los miembros de ambas AEI. En un sondeo efectuado entre las empresas asistentes se ha detectado interés de, al menos 6 de ellas, en explorar las posibilidades de sustitución de sus instalaciones actuales por otras que empleen biomasa (producción de vapor, cogeneración, etc.), posibilidades de valorización de sus residuos, etc.

13.1.- EXPERIENCIAS REALES DE COLABORACIÓN ENTRE ENTIDADES PÚBLICAS Y/O PRIVADAS

Se exponen a continuación una serie de ejemplos reales de colaboración entre entidades públicas y entre entidades públicas y privadas, en diversas zonas de España:

► **Aprovechamiento de biomasa forestal como combustible de calderas en el municipio de El Espinar (Ávila):** Con este proyecto, ejemplo de colaboración entre entes públicos, los residuos vegetales de los aprovechamientos forestales de los montes de la Comunidad de la Ciudad y Tierra de Segovia se adjudicarán durante una década al Ayuntamiento de El Espinar, siendo su destino el uso como combustible en calderas de edificios públicos de dicho municipio. Todo queda recogido en un convenio de colaboración firmado por el Presidente de la Comunidad de la Ciudad y Tierra de Segovia y el Alcalde de El Espinar. Con la firma de este convenio el Ayuntamiento de El Espinar se garantiza el suministro de biomasa forestal para las calderas de los edificios públicos hasta el año 2021, estableciéndose un precio de compra de 3 euros/t de biomasa forestal.

► **PELET IN: diseño y fabricación de un pellet para combustible industrial en Asturias:** La Fundación Asturiana de la Energía (dentro de cuyo Patronato se encuentra el Ayuntamiento de Mieres) coordina el proyecto "Desarrollo de un pellet para aplicaciones industriales, PELET IN que se está llevando a cabo gracias al consorcio formado por las empresas HUNOSA y PELLETS ASTURIAS, el centro de investigación INCAR (Instituto Nacional del Carbón) y la Fundación Asturiana de la Energía (FAEN). El proyecto PELET IN tiene como principal objetivo el diseño y fabricación de un pellet, formado por mezclas de biomásas, y con unas características de calidad suficientes para ser utilizado en aplicaciones industriales. Por tanto se pretende fabricar un pellet industrial, más barato que el obtenido para el sector doméstico, para ser utilizado como combustible en centrales eléctricas o en calderas industriales en aquellos lugares en los que hay que realizar largos desplazamientos de biomasa, donde se deba asegurar que se la suministren bajo unas condiciones de homogeneidad y con unos parámetros físico-químicos muy definidos. PELET IN está financiado parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación, actualmente denominado Ministerio de Economía y Competitividad, a través del subprograma INNFACTO, mediante fondos procedentes del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y fondos propios. Cuenta con el apoyo del Consorcio Tecnológico de la Energía de Asturias, que es una agrupación de empresas cuya misión es desarrollar proyectos innovadores de interés para el sector energético asturiano.

► **Instalación de caldera de biomasa para ACS y calefacción en viviendas y edificios públicos en el municipio de Beizama (Guipúzcoa):** El Ayuntamiento de Beizama ha implantado una instalación de biomasa que utiliza pellets para producción de ACS y calefacción. La instalación da cobertura al Ayuntamiento, un aula de naturaleza (Natur Eskola), el albergue, dos viviendas construidas y ocho viviendas de nueva construcción, con una potencia instalada de 400 kW. Para ello, la empresa Enerpellet, en colaboración con Kapelbi (empresa de servicios energéticos), realizaron todo el desembolso necesario para construir esta instalación, recuperando esa inversión con el cobro del agua caliente que consume cada vecino. Para la explotación y gestión de la instalación, así como la lectura de contadores y cobros de agua caliente, se constituyó una sociedad participada por el Ayuntamiento de Beizama, el Gobierno Vasco (Ente Vasco de Energía) y por la empresa Enerpellet.

► **Planta de biomasa con paja de arroz en Silla (Valencia):** Esta experiencia ya ha sido expuesta en el apartado 10 del presente documento. El interés de la misma radica en el modelo de colaboración usado para acometer el proyecto. En este caso el Ayuntamiento de Silla firmó un acuerdo con una empresa privada, Griñó Ecológic, para la instalación de la planta de biomasa en el municipio.

► **Producción de calor a partir de biomasa en Molins de Rei (Barcelona):** El objetivo principal de este proyecto es la producción de calor a partir de biomasa con el fin de distribuir el agua caliente para un complejo residencial. La planta se concibió y promovió por el Ayuntamiento de Molins de Rei, la Entidad Municipal de Servicios Hidráulicos y Tratamiento de Residuos, el Instituto Catalán de la Energía y la Empresa Efiensa. Este grupo creó la empresa Molins Energía, S.L, con objeto de construir y mantener un sistema de generación de calor con biomasa para distribuir agua caliente a 695 nuevas viviendas a través de una red de calefacción de distrito (district heating).

► **Planta de cogeneración con biomasa forestal en Allariz (Orense):** Esta experiencia, pionera a nivel nacional, ya se expuso en apartados precedentes. Lo interesante de la misma es que desde un primer momento fue el propio Ayuntamiento de Allariz el que promovió la ejecución de las infraestructuras mediante la creación de una empresa. Esta compañía, denominada Allarluz S.A. (de capital íntegramente municipal), contó con el apoyo financiero de la Xunta de Galicia y del Ministerio de Industria. En 2007, Allarluz, S.A. pasó a formar parte del Grupo Norvento, compañía eléctrica gallega que explota actualmente sus instalaciones.

► **Planta de biomasa por combustión de paja en Briviesca (Burgos):** Esta planta, de 16 MW de potencia, es fruto de la colaboración entre la empresa Acciona y el Ente Regional de la Energía de Castilla y León, que participa con un 15% en la sociedad promotora. La planta de biomasa de Briviesca está dedicada exclusivamente a la producción eléctrica a partir de residuos herbáceos, utilizando unas cien mil toneladas de paja de cereal al año para producir alrededor de 128 millones de kW/h.

► **Red de calor alimentada con biomasa en Orozko (Bilbao):** El Ayuntamiento de Orozko ha implantado dos sistemas de calefacción mediante calderas de combustión de pellet de madera. La primera instalación que entró en funcionamiento presta servicio al colegio público y al polideportivo municipal, y la segunda instalación entra dentro de la urbanización realizada con vistas a la construcción de viviendas de promoción pública en el barrio de Hegoalde. Esta actuación se llevó a cabo dentro del programa BIOMCASA del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) para el impulso de la biomasa como fuente energética en instalaciones térmicas en edificios.

► **District heating con biomasa en Belorado (Burgos):** El proyecto del district heating de Belorado surgió de la necesidad de climatizar el Museo Nacional de Radio Transmisiones que se ubica en un antiguo silo de cereales. El sistema de calor centralizado da servicio al museo y también al centro ocupacional y al colegio cercanos, gracias a una caldera de 500 kW. Este proyecto es un ejemplo de colaboración entre administraciones públicas, puesto que la financiación se obtuvo en un 40% del Ente Regional de la Energía de Castilla y León y el resto de fondos del Ayuntamiento.

► **Planta de biomasa en Cartaya (Huelva):** El Ayuntamiento de Cartaya y las empresas Natural Electric y Tamoin Energías Renovables firmaron un convenio de colaboración que permitió realizar un estudio de análisis del potencial de aprovechamiento de la biomasa en el municipio, con vistas a instalar una planta de biomasa en la localidad. El objetivo de este análisis, era cuantificar la cantidad de biomasa residual existente en el municipio de Cartaya, teniendo en cuenta sus diferentes orígenes, tanto agrícola, ganadera o industrial, pero centrándose sobre todo en el forestal, para posteriormente estudiar la viabilidad técnica y económica de la implantación de una planta de generación de energía eléctrica a partir de biomasa. También se determinó en este análisis la logística y el transporte de esta biomasa a la planta. Actualmente el Ayuntamiento está a la espera de poder reanudar los trámites necesarios para poner en marcha la construcción de la planta de biomasa.

► **Cogeneración con biogás procedente de la EDAR Guadalete en Jerez de la Frontera (Cádiz):** Esta experiencia se ha expuesto en el apartado 10 del presente documento. Para el desarrollo de este proyecto, Aguas de Jerez suscribió un convenio de colaboración con la empresa Endesa Cogeneración y Renovables (ECYR) para la mejora del aprovechamiento de las fuentes de energía renovables. A través de dicho acuerdo se establecía que Aguas de Jerez suministraría biogás desulfurado procedente del proceso de depuración de las aguas residuales de la EDAR Guadalete a ECYR, quién se encargaría de operar las instalaciones implantadas para la producción de energía térmica y eléctrica (cogeneración).

► **Caldera de biomasa para piscina municipal en Molina de Segura (Murcia):** El Ayuntamiento de Molina de Segura, a través de un acuerdo con la empresa de Servicios SERCOMOSA, ha dotado a la piscina municipal cubierta El Romeral de un avanzado sistema de aprovechamiento térmico de biomasa para la producción de ACS, calefacción y climatización. La inversión realizada se recuperará con los beneficios del ahorro energético y las subvenciones concedidas por la Comunidad Autónoma.

► **Producción de calor con pellet de la madera en instalaciones del Ayuntamiento de Vic (Barcelona):** Esta experiencia se ha expuesto en el apartado 10 del presente documento. En dicha experiencia el Ayuntamiento sacó a concurso público la contratación del suministro de energía y servicio de mantenimiento integral de las instalaciones de biomasa en el complejo de edificaciones los Trinitaris. La novedad de dicha licitación es que ha sido la primera efectuada en Cataluña de este tipo con modalidad de Empresa de Servicios Energéticos (ESE) y contrato mixto de suministro y servicios. En el contrato se incluía la gestión energética, la gestión del suministro de combustible y la construcción, la financiación y el mantenimiento de la central de biomasa.

A continuación se presenta una tabla sintética que incluye tanto la experiencias de colaboración entre entidades públicas y/o privadas ya mencionadas en los párrafos precedentes, como otras que se han considerado de interés:

Provincia	Municipio	Tipo de proyecto	Promotor	Año	Recurso
Segovia	El Espinar	Calefacción en edificios municipales	Ayuntamiento de El Espinar y Comunidad Ciudad y Tierra	2012-2021	Residuos forestales
Asturias	Tineo	Fábrica de pellets	Pellets Asturias, HUNOSA, INCAR (Instituto Nacional del Carbón) y Fundación Asturiana de la Energía (FAEN)	2011	Residuos forestales
Guipúzcoa	Beizama	Calefacción + ACS en edificios municipales y viviendas	Enerpellet, Ente Vasco de Energía y Ayuntamiento de Beizama	-	Pellet y astilla
Valencia	Silla	Generación eléctrica	Griñó Ecológic y Ayuntamiento de Silla	-	Residuos agrícolas (paja de arroz)
León	León	Calderas	Ayuntamiento de León y Fundación Biodiversidad	-	Residuos forestales
Barcelona	Molins de Rei	District Heating (Generación de calor con biomasa)	Molins Energía, S.L.(Ayuntamiento de Molins de Rei, EMSHTR (Entidad Municipal de Servicios Hidráulicos y Tratamiento de Residuos), ICAEN (Instituto Catalán de la Energía) y la Empresa Efiensa)	2001	Piñas, cáscara de frutos secos, orujillo, residuos de poda, etc.
Burgos	Briviesca	Generación eléctrica	Acciona Energía y Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN)	2010	Residuos agrícolas (paja)
Bilbao	Orozko	Calefacción + ACS en edificios municipales y viviendas	Ayuntamiento de Orozko	-	Pellet
Burgos	Belorada	District Heating	Ayuntamiento de Belorada y Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN)	-	Pellets y astillas

Ejemplos reales de colaboración entre entidades públicas y/o privadas.

Fuente: elaboración propia.

Provincia	Municipio	Tipo de proyecto	Promotor	Año	Recurso
Huelva	Cartaya	Generación de energía eléctrica	Natural Electric, Taimoin Energías Renovables y Ayuntamiento de cartaya	-	Residuos Forestales
Murcia	Molina de Segura	ACS, Calefacción y Climatización	Ayuntamiento de Molina de Segura y SERCOMOSA	-	Biomasa
Madrid	Madrid	Biocarburantes	Ayuntamiento de Madrid y Empresa Municipal de Transportes (EMT)	-	Aceite Vegetal
Murcia	Murcia	Biocarburantes	Ayuntamiento de Murcia, Agencia Local de Energía y Cambio climático (ALEM), Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia (ARGEM) y LATBUS (Transporte público de viajeros de Murcia)	2008	Aceite Vegetal
Orense	Allariz	Cogeneración	Bioallarluz (Norvento Biomasa)	1998	Residuos forestales
Cádiz	Jerez de la Frontera	Generación con biogás	Aguas de Jerez/ Endesa Cogeneración y Renovables (ECYR)	2001	Lodos de depuradora
Jaén	Mengíbar	District Heating/ Cooling	Parque Científico Tecnológico Geolit	2008	Diversos residuos del olivar
Navarra	Ultzama	Generación con biogás	Bioenergía Ultzama S.A.	2010	Purines vacunos
Burgos	Burgos	Generación eléctrica	UTE EDAR Burgos/ Urbaser	-	Lodos de depuradora
Guipúzcoa	Zestoa	Calefacción+ACS en balneario	Balneario de Zestoa	-	-
Barcelona	Vic	ACS, Calefacción y Climatización	Ayuntamiento de Vic	2011	Pellet de la madera
Albacete	Áyora	Planta Gestión de Biogás	Áyora Gestión Biogás, S.L.	2011	Residuos sólido urbanos

Ejemplos reales de colaboración entre entidades públicas y/o privadas.

Fuente: elaboración propia.

14.- DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE EL USO DE BIOMASA EN LOS GOBIERNOS LOCALES

Durante el desarrollo del presente estudio se han puesto de manifiesto los múltiples beneficios sociales, ambientales y económicos derivados del aprovechamiento energético de la biomasa, a saber:

- ▶ Genera empleo local, contribuyendo al desarrollo de zonas rurales deprimidas.
- ▶ Aprovecha recursos locales (restos de podas forestales, residuos urbanos, lodos de depuradoras, etc), reduciendo la dependencia energética del exterior.
- ▶ Disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y otras sustancias nocivas.
- ▶ Da solución al problema de gestión y tratamiento de los residuos.
- ▶ Mantiene limpio el medio forestal y reduce el riesgo de incendios.
- ▶ Reduce el gasto energético.
- ▶ Conciencia a vecinos y vecinas sobre una nueva cultura ambiental.
- ▶ Evita la erosión y degradación del suelo, a través de la implantación de cultivos energéticos en tierras abandonadas.
- ▶ Promueve la diversificación energética, uno de los objetivos marcados por los planes energéticos, tanto a escala nacional como europea.

En este capítulo se pretenden recopilar una serie de recomendaciones dirigidas a las administraciones locales, que ayuden a promover el uso de la biomasa como fuente de energía alternativa, dentro de su ámbito competencial.

Se recogen, a modo de decálogo, una serie de prácticas generales que resultan de especial interés para la consecución de este objetivo.

Decálogo de buenas prácticas sobre uso de biomasa en gobiernos locales

1. Desarrollo normativo de impulso al sector.
2. Planificación de la oferta y demanda de biomasa.
3. Apoyo a la iniciativa empresarial e industrial.
4. Impulso a la I+D+i en materia de bioenergía.
5. Normalización y trazabilidad del recurso.
6. Mejora de los canales de distribución y logística.
7. Ejecución de acciones formativas.
8. Información y sensibilización de la ciudadanía.
9. Actitud ejemplarizante del sector público.
10. Evaluación y seguimiento de las acciones emprendidas.

Dichas medidas, en su mayoría, no son puestas en marcha por los Gobiernos Locales, por ser competencia autonómica o estatal, pero su implementación facilitaría el uso de la biomasa como fuente de energía en las dependencias municipales, así como en hogares e industrias.

En el anexo IV se han recogido de forma extensa cada una de estas líneas de acción consideradas prioritarias para fomentar el uso de la biomasa por parte de los gobiernos locales.



CONCLUSIONES

15.- CONCLUSIONES

Una vez analizados en detalle todos los bloques anteriores del estudio, se pretende recoger en este apartado, de forma más o menos sintética, los principales problemas y obstáculos que se han detectado existen para el uso de la biomasa a escala local, y los beneficios e inconvenientes que puede tener el uso de la biomasa.

15.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS Y OBSTÁCULOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA A ESCALA LOCAL

- Hay provincias que tienen un mayor número de instalaciones para el aprovechamiento energético de la biomasa, muy por encima del resto. Esta desigual distribución podría deberse a varios factores, entre los que se podrían encontrar los siguientes:

- Desigual disponibilidad de biomasa.
 - Condiciones climáticas de cada provincia.
 - Desigual disponibilidad de incentivos en cada Comunidad Autónoma.
 - Distribución desigual de fabricantes e instaladores de equipos de biomasa por el territorio.
- La distribución geográfica de la biomasa potencial producida es muy variable en España:
- Como es de esperar, la distribución de la biomasa forestal disponible está muy relacionada con las grandes zonas boscosas del país. No obstante, algunas provincias, a pesar de poseer un potencial energético de la biomasa forestal muy considerable, apenas pueden disponer del mismo debido a un consumo muy concentrado en muy pocas industrias. Así mismo, es importante mencionar que el potencial energético de la biomasa de la industria maderera está en algunas provincias poco relacionado con el potencial forestal de dichas provincias.
 - Dos de los principales residuos de la agroindustria, el hueso de la aceituna y el orujillo, ambos con un importante potencial energético, son en gran medida autoconsumidos. Ello deja bastantes menos posibilidades de las que se pueden apreciar en el mapa de distribución para su aprovechamiento a nivel local.
 - Gran parte de los pellets que se producen van destinados a uso residencial-comercial y doméstico, sin embargo, en épocas en las que su demanda es baja se está empezando a comercializar para plantas de generación de energía eléctrica con biomasa. Su producción se ve incrementada cada año, por lo que es un recurso disponible para generación de energía térmica.
 - Las astillas y residuos de la madera suelen autoconsumirse en industrias relacionadas con la madera (por ejemplo elaboración de tableros), y también otra parte constituyen la materia prima de producción de pellets.
 - Las cáscaras de frutos secos, aunque son un tipo de biomasa cuya producción es baja en proporción con otras, tiene varios usos posibles: industrial y residencial-comercial.
 - La leña es un tipo de biomasa que se utiliza principalmente en viviendas. Su producción potencial es muy alta, pero la real es menor, de forma que irá aumentando a medida que las grandes superficies forestales andaluzas de montes públicos y privados existentes vayan aprobando sus planes de ordenación. De esta forma, se regulará la poda de sus especies forestales, asegurando su disponibilidad a merced del interés público o privado de forma anual. En cuanto a la leña procedente del olivar, su producción es muy elevada, pero existe un importante problema de logística para su recogida y transporte, por lo que realmente sólo se aprovecha una pequeña cantidad.
- A pesar del consumo para uso térmico y eléctrico de la biomasa, aún hay bastante disponibilidad de ésta. Mientras que ciertos tipos de biomasa ligados a la industria dependen de la producción de sus respectivas industrias, el pellet tiene perspectivas a corto y medio plazo de aumentar debido a las nuevas fábricas de pellet en proyecto.

► La biomasa procedente de residuos de la agricultura tienen un potencial energético muy grande para su aprovechamiento por parte de las Corporaciones Locales. No obstante, existen importantes problemas que dificultan enormemente su uso. Entre los principales problemas están la logística del transporte y recogida de este tipo de biomasa residual. Algunas propuestas al respecto que se pueden plantear son las siguientes:

- Promover entre las cooperativas que los agricultores astillen y almacenen la poda y tala de los cultivos leñosos, para posteriormente ser recogidas por ellas en un corto periodo de tiempo (de forma organizada), para evitar que aumente la humedad de la biomasa, así como la proliferación de plagas.
- Poner a disponibilidad de los agricultores maquinaria necesaria para astillar en alquiler y por bajo coste. En el caso de las cooperativas, fomentar que se lleve a cabo una programación para realizar la tala de las fincas colindantes de manera correlativa, reduciendo de esta forma costes de alquiler de maquinaria.
- Asignar un precio de venta de esta biomasa que cumpla unas condiciones adecuadas para su uso (astillado y baja humedad), de forma que sea más rentable recogerla que abandonarla en el campo o quemarla.
- Concienciar al agricultor de que la venta de la poda no debe ser entendida como una forma de compensar las pérdidas que se produzcan en años pocos productivos en el sector, esta idea fue promovida por la Administración a los agricultores, lo que ha provocado que esta biomasa haya adquirido en muchos casos precios poco competitivos.
- Crear centros de acopio de dicha biomasa en puntos céntricos de mayor producción de la misma, de forma que de ahí puedan suministrarse a sus consumidores (por ejemplo, fabricantes de pellets).

► Hace falta potenciar la inclusión en la planificación forestal una regulación más específica para el aprovechamiento de la biomasa. Ello permitiría un uso más eficiente de los residuos de la biomasa forestal por parte de la entidades locales.

► Los restos de poda de parques y jardines, a pesar de su gran potencial para las Corporaciones Locales, no están suficientemente aprovechados para un uso energético.

► Los precios de la biomasa en el mercado son muy variables, existiendo poco o ningún tipo de regularización en este sentido. Además, éstos pueden variar en base a diversos criterios (calidad de la biomasa, disponibilidad según la época del año, cantidad, etc.), por lo que se suelen hacer adaptados a cada cliente.

De forma general, son más económicos el hueso de aceituna, el orujillo, las astillas y los restos de industrias de la madera; es decir, aquellos productos obtenidos como residuos de determinadas actividades industriales. El pellet es la biomasa con precio más elevado, incluso en ocasiones más que la leña, pero, sin embargo, su poder calorífico puede ser más elevado que el resto de los tipos de biomasa, por lo que a medio o largo plazo podría ser más rentable. Esto dependerá del precio que tenga cada cliente acordado con el distribuidor de la biomasa.

► A pesar de que el Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, no afecta de forma general

al tipo de instalación que puede ser factible implantar a nivel local, debido a la fuerte crisis que acontece diversas Comunidades Autónomas han disminuido la cuantía de las ayudas, o directamente no están convocando las mismas.

► En ocasiones, el tiempo que requieren los trámites administrativos y el seguimiento posterior de los incentivos resueltos, inducen a que las entidades públicas se decanten por otro tipo de equipos que generan energía térmica con otros combustibles no renovables.

► Existen muchas provincias en España que no poseen ninguna fábrica de pellet en la actualidad, a pesar de que en algunos casos la producción potencial de biomasa para ello es muy elevada.

► Así mismo, existen muchas provincias en España que no poseen ninguna planta de biomasa en la actualidad, a pesar de que en algunos casos la producción potencial de biomasa para ello es muy elevada, por lo que éstas podrían ser interesantes de estudiar en detalle para ver la posibilidad de instalar equipos de uso municipal.

► Los equipos de biomasa térmica actuales poseen generalmente rendimientos comprendidos entre el 80% y el 95%. Aproximadamente, el 80% de ellos presentan alimentación automática, un 60% tienen encendido automático, un 30% realiza la limpieza del intercambiador de forma automática y el 12,5% posee extracción de cenizas automática.

Los precios de los equipos son bastante variables y se sitúan en un rango amplio. El precio de las chimeneas se sitúa alrededor de los 1.500 €, el de las estufas en los 3.500 €, el de las calderas en los 15.000 €, el de los generadores de aire caliente en los 12.300 €, mientras que los secaderos, aunque es aún más difícil de estimar, se puede decir que está en torno a los 2.500.000 €.

► En cuanto a los problemas surgidos durante el uso de los equipos, los más habituales son los relacionados con la accesibilidad y abastecimiento de un combustible de calidad y con características similares a lo largo de todo el año.

► No hay una relación directa y estrecha entre los diferentes agentes implicados en este sector de forma general (instaladores de equipos, fabricantes de pellets, suministradores de biomasa, usuarios potenciales). Es por ello que se detectan áreas con poco desarrollo del sector y, sin embargo, con una importante demanda y disponibilidad de biomasa, y viceversa. Esto hace necesario una planificación de dicho mercado para la ejecución de futuras instalaciones suministradoras de biomasa (fábricas de pellets) y equipos.

► El funcionamiento de los equipos de biomasa no es en muchos casos el deseado, llegando a tener averías que pueden paralizar su funcionamiento durante mucho tiempo. Para solventarlo, una solución puede ser un mayor fomento de los contratos integrales, en los que el instalador monta el equipo, se encarga de su mantenimiento y del suministro de combustible, cobrando al cliente por potencia consumida hasta la amortización de la instalación. De esta forma, se asegura que el equipo esté, desde un principio, gestionado por una entidad con un conocimiento alto en la materia y además interesado en sacar el máximo rendimiento posible a la instalación. Por su parte, el cliente se despreocupa y queda satisfecho con el rendimiento y funcionamiento del equipo. Esta iniciativa se está llevando a cabo en determinadas instalaciones de gestión privada (como hoteles) con bastante éxito, por lo que su apuesta en instalaciones públicas parece muy recomendable.

- ▶ Se detecta la necesidad de una mayor especialización de los técnicos dedicados al sector de la biomasa: instaladores, ingenieros, comerciales, etc., ya que en ocasiones los problemas de los equipos vienen dados por un incorrecto montaje o diseño para algunas instalaciones.

15.2.- BENEFICIOS E INCONVENIENTES DEL USO DE LA BIOMASA

15.2.1.- BENEFICIOS

Los beneficios de la utilización de la biomasa son múltiples. A continuación, se mencionan los más relevantes:

- ▶ La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso es menos perjudicial para el calentamiento global que otros tipos de combustibles. De hecho, al evitar el uso de una fuente energética fósil la biomasa permite reducir los niveles de dióxido de carbono y los residuos de los procesos de conversión, aumentando los contenidos de carbono de la biosfera. Esto es posible porque la combustión de la biomasa libera la misma cantidad de CO₂ que la consumida para su síntesis, dejando al sistema en equilibrio.
- ▶ El uso de la biomasa en sustitución de combustibles fósiles reduce la dependencia energética del exterior, potenciándose el aprovechamiento de recursos locales.
- ▶ La biomasa tiene contenidos en azufre prácticamente nulos, generalmente inferiores 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.
- ▶ La combustión de biomasa produce menos ceniza que la del carbón mineral, y puede usarse posteriormente como fertilizante en los suelos.
- ▶ El aprovechamiento energético de los residuos, procedentes de distintos tipos de biomasa, reduce significativamente los problemas que trae la gestión de estos desechos.
- ▶ La biomasa es un recurso local que no está sujeto a las fuertes fluctuaciones de precios de la energía, provocadas por las variaciones en el mercado internacional de las importaciones de combustibles. En países en desarrollo, su uso reduciría la presión económica que impone la importación de los derivados del petróleo.
- ▶ El uso de los recursos de biomasa puede incentivar las economías rurales, creando más opciones de trabajo y reduciendo las presiones económicas sobre la producción agropecuaria y forestal.
- ▶ Las plantaciones de cultivos energéticos pueden ayudar a reducir la contaminación del agua y la erosión de los suelos; así como a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad.
- ▶ El progresivo abandono de las actividades agrosilvopastorales en algunas zonas, ha provocado un incremento de la biomasa en los ecosistemas que los hace fácilmente combustibles. Parte de esta biomasa se puede utilizar para la generación de energía, evitándose así los incendios forestales.
- ▶ Erosión y deforestación se pueden evitar con el aprovechamiento de la biomasa sin ex-

plotar, y el establecimiento de plantaciones y cultivos energéticos puede paliar el problema de la desertización que se está produciendo en el sur de Europa. En particular, los cultivos perennes, pueden ayudar a prevenir problemas de erosión, al reducir el impacto de la lluvia y el transporte de sedimentos. Las tierras deforestadas se pueden rehabilitar como plantaciones bioenergéticas.

15.2.2.- INCONVENIENTES

A continuación, se citan una serie de inconvenientes derivados de la escasa implantación de la biomasa respecto a otras fuentes energéticas:

- ▶ Hay bastante desconocimiento todavía sobre las posibilidades reales de la biomasa para su aprovechamiento energético.
- ▶ La Biomasa tiene un mayor coste de producción frente a la energía que proviene de los combustibles fósiles.
- ▶ Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles.
- ▶ Producción, en muchos casos, excesivamente estacionalizada.
- ▶ La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.
- ▶ Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.
- ▶ Es necesaria una mayor cantidad de biocombustible que de combustible fósil para conseguir la misma cantidad de energía, lo que hace necesario mayor espacio para su almacenamiento.
- ▶ Los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los rendimientos de las calderas que utilizan combustibles fósiles y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos.
- ▶ El mercado de los distintos tipos de biomasa disponibles está poco regularizado. Debe, por tanto, reforzarse su distribución por todo el territorio nacional y fuera de España (por ejemplo, mayores puntos de venta e información sobre ellos), para de esta forma, asegurar el abastecimiento de dichas biomásas durante la época de mayor demanda y su venta, y además, asegurar unos mínimos criterios de calidad y homogeneidad.
- ▶ Falta de estandarización y homogeneización en la calidad de los biocombustibles vendidos. En el caso del pellet, que es en el que más se ha avanzado, todavía falta alcanzar mayores niveles de regulación en los productos vendidos por los distintos fabricantes.

ANEXOS



ANEXO I

LISTADO DE EQUIPOS

En el presente anexo se recoge una tabla con las características de mayor interés de algunos de los equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España, los cuales han sido aportados por diferentes fabricantes e instaladores de dichos equipos localizados en España.

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Combustible	Precio (euros)	Potencia (kW)	Alimentación automática	Encendido automático	Limpieza intercambiador automática	Extracción cenizas automática	Telegestión	Rendimiento (%)
Caldera con P<300 kW	Biocalora kp10 y kp20	Hueso de aceituna		5-50	Sí	Sí	No	No	No	> 85
	Biocalora KP21	Policombustibles	10.000-12.000	29	Sí		Sí		Sí	92
	Biotech	Pellet	3.000-4.000	25-35						
	Buyo GVA	Hueso de aceituna		8,3	Sí	No	No		No	
	Calorama CMD	Pellet, orujillo, cáscara de almendra, piñones		40,7	No	No	No	No	No	90
	Carsan	Hueso de aceituna	4.000-5.000	30-50	Sí	No	No	No	No	85-90
	Carsan	Hueso de aceituna		35-50	Sí	Sí	No	No	No	87
	Carsan	Orujillo	4.531	35	Sí	No	No	No	No	80
	Carsan Confort	Pellet, Orujillo	7.000-9.000	30	Sí	Sí				
	Carsan Confort	Hueso de aceituna	6.800	30	Sí	Sí	No	No	No	84
	Carsan Confort		5.000	34,5-52,3	Sí	Sí	No	No	No	85
	Carsan Confrot Hidro	Policombustibles	6.000-7.000	34,9	Sí	Sí				87
	Carsan Eco	Orujillo		40,69	Sí	Sí	No	No	No	
	Casan Confort	Pellet, hueso de aceituna	6.000-8.000	50	Sí	Sí	No	No	No	85
	Charme		2.000-3.000	16	Sí					
Cmd Metalamecánica	Hueso de aceituna	2.500-5.000	20-60	Sí	No	No	No	No	85-95	
CMD/ Metal Mecánica/ Inmecal										

Nota: La celda en blanco es ausencia de datos por parte de los instaladores y fabricantes de equipos de biomasa para uso térmico encuestados. Características de equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por fabricantes e instaladores de equipos de biomasa para uso térmico.

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Combustible	Precio (euros)	Potencia (kW)	Alimentación automática	Encendido automático	Limpieza intercambiador automática	Extracción cenizas automática	Telegestión	Rendimiento (%)
	Comfort		2.000-3.000	16	Sí					
	De la Rosa	Hueso de aceituna	12.800	117	Sí	No		No		
	De la Rosa	Hueso de aceituna	18.200	291	Sí	No		No		
	Domusa	Leña	2.025	24,5	No	No	No	No	No	
	Eco35	Orujillo		40,69	Sí	Sí	No	No	No	
	Ecoforest		2.000-4.000	8-30	Sí	No	No	No	No	85
	Ecoforest	Pellet	6.000	9-33	Sí	Sí	No	No	No	91
	Ecoforest	Pellet	2.800-3.500	29	Sí	Sí	No	No	Sí	90
	Ecoforest (Hidrocupper); Termorosí (H ₂ O);	Pellet	4.500-5.000 (con subvención)	8-32						
	Extraflame	Pellet	6.000-11.000	14-35	Sí	Sí	No	Sí	Sí	89
	Facody	Leña	2.166	31,5	No	No	No	No	No	80
	Froling	Pellet, astilla	6.000-25.000	25-300	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	Hergóm	Hueso de aceituna, pellet, cáscara de almendra		42-1.394	Sí	Sí	No	No	No	
Caldera con P<300 kW	Hergóm	Orujillo	2.850	35	Sí	No	No	No	No	85
	Hergóm	Leña	1.500-2.000	11-17						
	Hergóm	Pellet		24						
	Hergóm	Leña	2.850	25,4	No	No	No	No	No	80
	Hergóm	Hueso de aceituna	6.000-70.000	300	Sí	Sí				
	Hergóm, Palazzetti	Pellet	2.500 (sin subvención)	8 a 10						
	Herz	Hueso de aceituna, pellet		333	Sí	Sí	No		Sí	85
	Inix	Orujillo			Sí					
	Inix	Hueso de aceituna		0,6	Sí					
	Inix Ibérica	Hueso de aceituna			Sí					
Inmecal	Pellet, hueso de aceituna	4.500-70.00	35	Sí	Sí	No	No	No	75-80	
Inmecal		3.900	50	Sí	Sí	No	No	Sí		
Inmecal, Biocalora, LaSían	Pellet, cáscara de almendra, hueso de aceituna	5.000 (sin subvención)	< 70							
Inmecal, LaSían	Hueso de aceituna	> 6.000 (sin subvención)	28							

Nota: La celda en blanco es ausencia de datos por parte de los instaladores y fabricantes de equipos de biomasa para uso térmico encuestados. Características de equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por fabricantes e instaladores de equipos de biomasa para uso térmico.

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Combustible	Precio (euros)	Potencia (kW)	Alimentación automática	Encendido automático	Limpieza intercambiador automática	Extracción cenizas automática	Telegestión	Rendimiento (%)
Caldera con P<300 kW	ITI modelo 090/99	Biomasa		66	Sí	No	No		Sí	
	Kwb	Hueso de aceituna		100	Sí	Sí	Sí			
	LaSían	Leña	2.100	40,7	No	No	No	No	No	80
	LaSían	Orujillo	6.066	40	Sí	No	No	No	No	85
	LaSían	Hueso de aceituna	4.000-10.000	24-50	Sí	No	No	No	No	85
	LaSían		6.000	50	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	LaSían	Pellet	5.500	25-50	Sí	Sí	Sí	Sí	No	95
	LaSían	Pellet, leña, hueso de aceituna	11.000-14.000	5-50						
	LaSían Biomax		5.500	24-48	Sí	No	No	No	No	80-85
	LaSían Biomax 35	Orujillo	5.200	35	Sí	No	No	No	No	80
	LaSían Biomax 35	Policombustibles	4.000-5.000	35	Sí	Sí				80
	LaSían Biomax		5.000-8.000	25-50	Sí	Sí	No	No	No	80
	LaSían, Herz	Pellet, hueso de aceituna	8.000-9.000 (sin subvención)	25-30-50						
	Metalmecánica	Orujillo	4.300	35	Sí	No	No	No	No	80
	Metalmecánica	Hueso de aceituna		35-100	Sí	No	No	No	No	83
	Metalmecánica Eco36	Policombustibles	5.000	40	Sí	No	No	No	No	90
	Moral y Lopez	Hueso de aceituna		175						
	Nordica; Preciosa	Pellet	4.000 (sin subvención)	20						
	Pamer	Hueso de aceituna/ pellet/ cáscara de almendra	4.600-6.500	46,5- 3		No	No	No	No	80
	Roca	Leña	2.841	32	No	No	No	No	No	80
Roca C4 de 8 módulos en hierro fundido	Hueso de aceituna			Sí						
Rocal P-30	Leña	1.500-3.000	20-60	No	No	No	No	No		
Royal/In-mecal		6.000	24-50							
SíME solida 8 pl	Pellet		25	Sí	Sí	No	No	No		
Thermosí, H ₂ O 20, H ₂ O ¹⁸	Pellet	4.500 (2.500 con subvención)	30-35							

Nota: La celda en blanco es ausencia de datos por parte de los instaladores y fabricantes de equipos de biomasa para uso térmico encuestados. Características de equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por fabricantes e instaladores de equipos de biomasa para uso térmico.

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Combustible	Precio (euros)	Potencia (kW)	Alimentación automática	Encendido automático	Limpieza intercambiador automática	Extracción cenizas automática	Telegestión	Rendimiento (%)
Caldera con P<300 kW	Toscoaragonesa	Orujo	4.427	40	Sí	No	No	No	No	80
	Vulcano Sadeca DDHS-RW14.0	Cáscara de almendra		10	Sí	Sí	Sí		Sí	
	Vulcano Sadeca Omnical	Hueso de aceituna		7,86	Sí	No	No		No	
	Vulcano, SadecoilTCN	Hueso de aceituna			Sí	Sí	No		No	
Caldera con P<300 kW	Hergóm	Hueso de aceituna	90.000	500	Sí	Sí				
	Herz	Hueso de aceituna		400	Sí	Sí	Sí			
	Herz	Hueso de aceituna, pellet		444	Sí	Sí	No		Sí	85
	Kwb	Pellet	180.000	600	Sí	No				
	Moral y López	Hueso de aceituna			Sí					
	Pamer	Hueso de aceituna/ pellet/ cáscara de almendra	9.900 a 36.000 (sin quemador)	232-1750	Sí	No	No	No	No	80
	Pamer ML	Hueso de aceituna		1.450	Sí	Sí	Sí		No	
	Sadeca	Hueso de aceituna		325	Sí	No	No		No	
	Talleres Maldonado	Hueso de aceituna			Sí					
	De la Rosa	Hueso de aceituna	20.500	407	Sí	No		No		
	De la Rosa	Hueso de aceituna	27.500	756	Sí	No		No		
	De la Rosa	Hueso de aceituna	34.500	1.163	Sí	No		No		
	Froling	Pellet, astilla	25.000-60.000	300-550	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	LaSían, Herz	Pellet, hueso de aceituna		500						
Sadeca-155	Hueso de aceituna		1.227	Sí	Sí	No		No		
Chimenea	Biomatic 220-500	Pellet			Sí	Sí	Sí			
	Bronpi / Edilkamin	Leña	800-1.500		No	No				
	Campos	Leña	1.500-2.000							
	Ecoforest				Sí	Sí				
	Edilkamin	Leña y pellet		6-50	Sí	Sí				
	Ferlux	Leña	600-2.200	8-19	No	No	No	No	No	80-99

Nota: La celda en blanco es ausencia de datos por parte de los instaladores y fabricantes de equipos de biomasa para uso térmico encuestados. Características de equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por fabricantes e instaladores de equipos de biomasa para uso térmico.

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Combustible	Precio (euros)	Potencia (kW)	Alimentación automática	Encendido automático	Limpieza intercambiador automática	Extracción cenizas automática	Telegestión	Rendimiento (%)
Chimenea	Ferlux/Rofer and Rodi/Edilkamin			10-12						
	Ignis	Hueso de aceituna		812	Sí	No	No		No	
	La Nordica	Leña	9	9	No	No				
	La Nordica	Leña	1.000-5.000	6-24	No	No	No	No	No	
	Molina/Palazzetti/Bronpi/Ferlux/Inmecal/Hungara	Leña y pellet	1.500	12-34						
	Rofer and Rodi Axarquía	Leña		14	No	No	No	No	No	
	Sadeca	Hueso de aceituna		870	Sí	No	No		No	
	Solzaima	Leña	2.000-3.000	29	No	No	No	No	No	
	Ygnis war-200	Hueso de aceituna			Sí	Sí	No		No	
	Artel	Pellet			5-12	Sí	Sí	No	No	No
Artel	Pellet		1.000-4.000	8-34	Sí	Sí	No	No	Sí	92
Artel/Palazzetti/Extraflame/Edilkamin	Pellet			6-24						
Biocalora	Pellet		3.000-10.000		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Biocalora	Pellet		2.000-4.500	8-12	No	Sí	No	No	No	
Biotech	Pellet		5.000-20.000		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Carsan	Pellet			12	Sí	Sí	No	No	No	
Ecoforest	Pellet		3.000-3.500	13-25	No	No	Sí	No		
Estufa	Ecoforest	Hueso de aceituna	4500-5500	24	Sí	Sí	No	No	No	94
	Ecoforest			30	Sí	Sí				
	Ecoforest	Pellet	2.000-4.500	5-29	Sí	Sí	No	No	Sí	85-90
	Ecoforest	Pellet		15	Sí	Sí	Sí	Sí	No	
	Ecoforest	Pellet	3.000-5.000	13,5	Sí	Sí	No	No	No	80-90
	Ecoforest (Hidrocooper); Termorosí (H ₂ O);	Pellet	1.500 (con subvención)	8-28						
	Ecoforest Cantina Super	Pellet		29	No	Sí				91
Ecoforest Hidrocooper	Pellet	4.000-5.000	16	No	Sí	No	No	No	92	

Nota: La celda en blanco es ausencia de datos por parte de los instaladores y fabricantes de equipos de biomasa para uso térmico encuestados. Características de equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por fabricantes e instaladores de equipos de biomasa para uso térmico.

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Combustible	Precio (euros)	Potencia (kW)	Alimentación automática	Encendido automático	Limpieza intercambiador automática	Extracción cenizas automática	Telegestión	Rendimiento (%)
Estufa	Ecoforest; Ecouno Insert Antracita, Ecodos	Pellet	1.390 (con subvención)	9-13,5						
	Ecoforest; Ecouno, Venus	Pellet	3.000 (1.300 con subvención)	10-12						
	Ecoforest Ecoi Insert	Pellet	3.500	13,5	Sí	Sí	Sí	No		90
	Ecoforest Hidrocooper	Pellet	4.800	24	Sí	Sí	Sí	No		91
	Ecoforest Hidrocooper Insert	Pellet	4.995	16	Sí	Sí	Sí	No		91
	Ecoforest Hidrocooper Super	Pellet	5.500	29	Sí	Sí	Sí	No		90
	Ecoforest Venus	Pellet	1.895	7		Sí	Sí	No		87
	Ecoforest Vigo	Pellet	2.585	8,5		Sí	Sí	No		90
	Ecoforests; Vigo, Venus, Oslo, Ecouno, Ecodos	Pellet	3.300 (sin subvención)	13,5-20						
	Ecoforest	Pellet		6-50	Sí					
	Ecolumbre externa	Pellet	1.500-2.000	8						
	Edilkamin	Pellet	2.500-4.500	8-12	Sí		No	No	Sí	85-90
	Edilkamin Iris	Pellet	2.000	8	Sí		Sí	No	Sí	90
	Edilkamin Iris	Pellet	1.800	8,3	Sí		Sí	No		79,2
	Edilkamin Pellbox SCF Insertable	Pellet	3.335	10	Sí		Sí	No		90
	Energy Line	Pellet, cáscara de almendra, hueso de aceituna	2.000-3.000 (sin subvención)	< 70						
	Extraflame	Pellet	1.000-2.500	0-20	Sí		No	No	Sí	90
	Extraflame	Pellet	1.000-8.000	6-30	Sí		Sí	No	Sí	
	Extraflame	Pellet	3.000-5.000	7-14	Sí		Sí	No	No	89
	Extraflame	Pellet	4.200	7-25	Sí		Sí	Sí	Sí	85-95
Extraflame Bella	Pellet	2.650	8,5	Sí		No	No	No	87	
Extraflame Divina		2.500	12	No		Sí	No	Sí	85	

Nota: La celda en blanco es ausencia de datos por parte de los instaladores y fabricantes de equipos de biomasa para uso térmico encuestados. Características de equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por fabricantes e instaladores de equipos de biomasa para uso térmico.

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Combustible	Precio (euros)	Potencia (kW)	Alimentación automática	Encendido automático	Limpieza intercambiador automática	Extracción cenizas automática	Telegestión	Rendimiento (%)
Estufa	Extraflame externa	Pellet	1.500-2.000	5-12						
	Extraflame insertable	Pellet	2.000-2.500	7-11						
	Extraflame Lucrezia	Pellet	6.200	25	Sí	Sí	Sí	No	No	87
	Extraflame Lucrezia Stell Idro		4.000-4.300	25	No	Sí	Sí	No	Sí	95
	Extraflame-Irina	Pellet	2.500-3.500	12	Sí	Sí				
	Extraflame Comfort Maxi Insertable	Pellet	3.300	10,5	Sí	Sí	Sí	No		90
	Extraflame Comfort Mini Insertable	Pellet	3.100	7,8	Sí	Sí	Sí	No		90
	Froling	Pellet	5.000-30.000		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	Italiana camini	Hueso de aceituna		11	Sí	Sí	No	No	No	> 85
	Nordica Extraflame	Pellet		10	Sí	Sí	Sí	No	Sí	
	Nordica Extraflame	Pellet, leña	2.000-11.000	5-25						
	Palazzetti/ Bronpi/ Ferlux/ Imecal/ Hungara	Pellet y hueso de aceituna	3.000-4.000	12-34						
	Palazzetti	Pellet	1.550-1.950	11,5	Sí	Sí	No	No	Sí	91
	Sole Renovables	Pellet	1.300	8,5	Sí	Sí	No	No	No	92
Generador de aire	Casa Tabares (Iscar)	Cáscara de piña			No					
	Isca Valladolid	Orujillo		407	Sí					
	Rubio Biomass	Hueso de aceituna	5.000-6.000	180	Sí	No	No	No		70
	Sistema Tomas	Cáscara de almendra		946	Sí					
	Tomas	Orujillo			Sí					
	Tubocad	Hueso de aceituna			Sí					
Secadero	Castel	Orujillo		3.000	Sí					
	Chía	Orujillo	200.000-3.000.000	150						
	Horno de obra	Orujillo			Sí					
	Horno de obra	Hueso de aceituna y cáscara de almendra			Sí					
	Horno de obra	Orujillo y cáscara de almendra			Sí					
	Offmann Ruano	Orujillo		3.000	Sí					

Nota: La celda en blanco es ausencia de datos por parte de los instaladores y fabricantes de equipos de biomasa para uso térmico encuestados.

Características de equipos de biomasa para uso térmico vendidos en España.

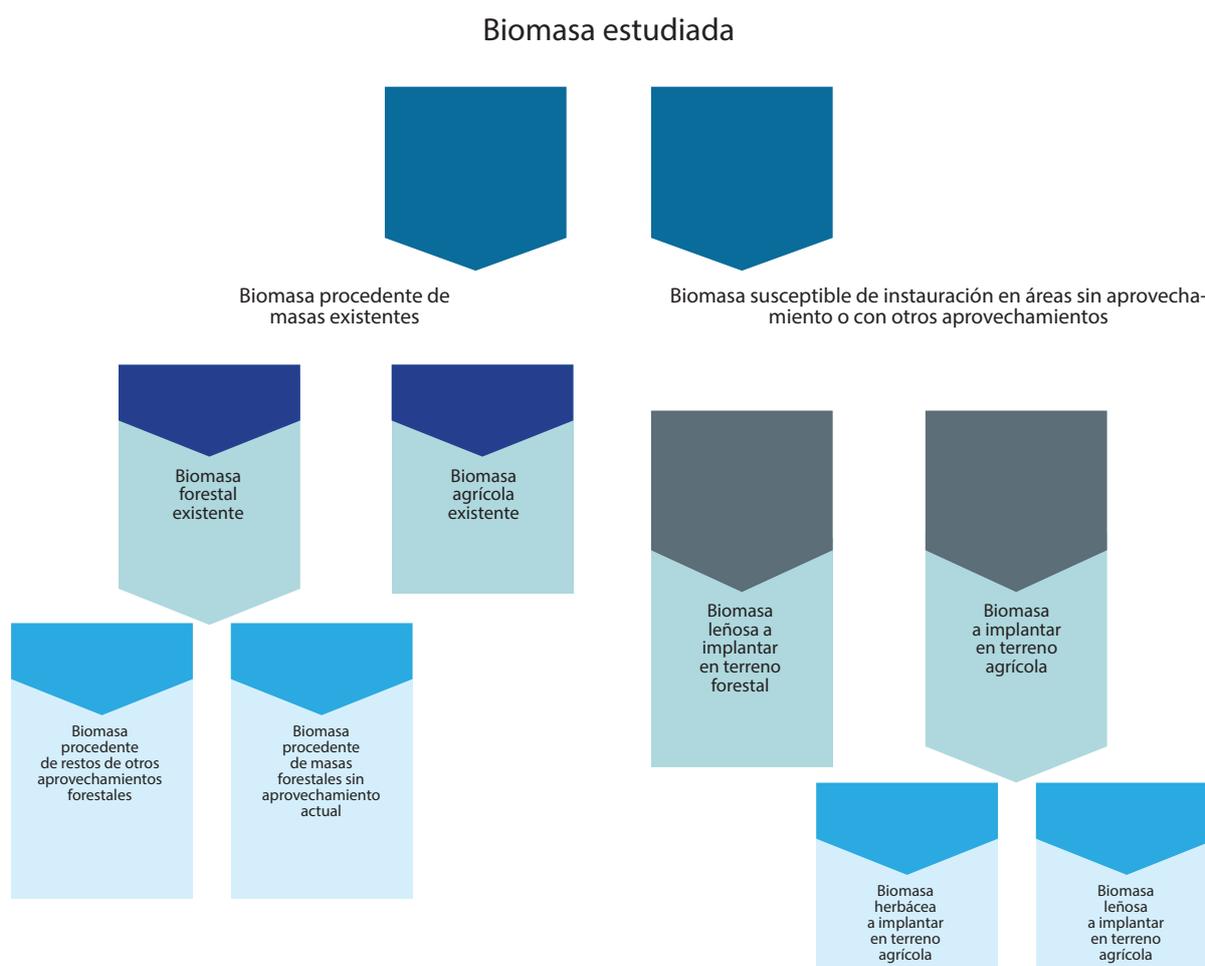
Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por fabricantes e instaladores de equipos de biomasa para uso térmico.

ANEXO II

HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE BIOMASA DESARROLLADAS POR EL IDAE: BIONLINE Y BIDAE

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía ha desarrollado dos herramientas, denominadas BIONLINE y BIDAE, para la evaluación del potencial de biomasa en España. Están orientadas a las distintas necesidades que se pueden plantear, estableciendo dos niveles de aproximación.

En ambos casos, los tipos de biomasa cuantificados son los definidos en el siguiente esquema:



Tipos de biomasa considerados por las herramientas

En principio, en los diversos casos se consideran el potencial total, accesible o disponible. Por ejemplo en el caso de la biomasa forestal existente, el accesible es aquel resultante de considerar restricciones de índole ecológica, económica o de mecanización (figuras de protección, altitudes, pendientes, etc.). El disponible es aquel resultante de minorar el potencial teniendo en cuenta otros usos como madera.

Visor Web de Potenciales de Biomasa: BIONLINE

BIONLINE, puesto por el IDAE a disposición pública en su página web, es un visor básico de potenciales disponibles de biomasa. Esta herramienta está diseñada para el uso general por parte de

usuarios que pretendan una primera aproximación de forma general y según parámetros pre-establecidos.

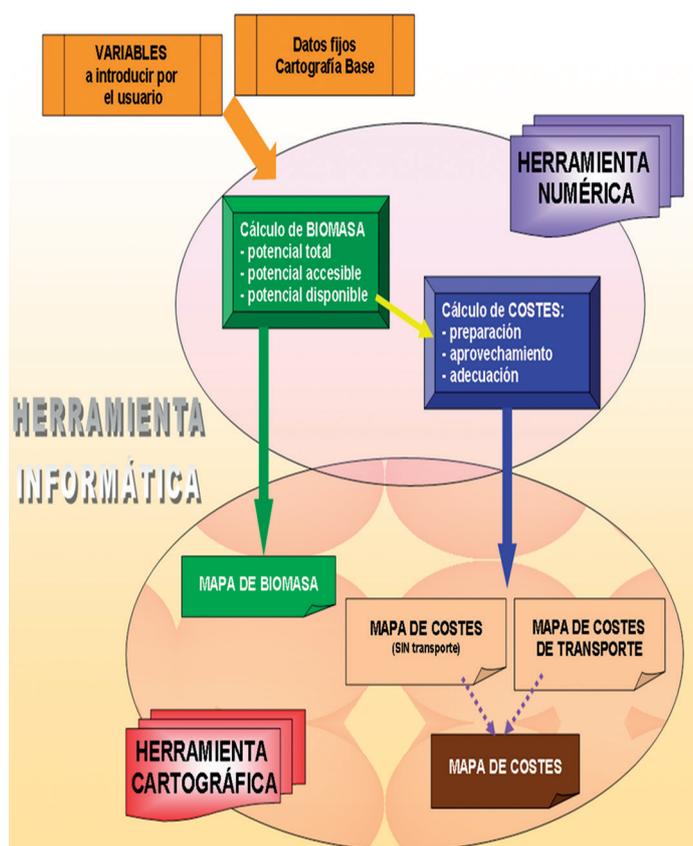
Puede ser manejada por usuarios con conocimientos muy básicos del sector de biomasa y de las aplicaciones con Sistemas de Información Geográfica (SIG). El visor está disponible para su consulta directa a través de una serie de pasos sencillos que se van definiendo según las necesidades del usuario. Se trata de una herramienta orientativa que pretende dar unos primeros resultados con un cierto grado de error sobre los potenciales de biomasa de zonas determinadas elegidas por el usuario.

Esta aplicación permite consultar potenciales de biomasa para el área geográfica que se determine, pudiendo también definir una serie de parámetros, como el tipo de biomasa y el precio máximo admisible.

La herramienta incluye, como primera opción la consulta de las capas calculadas en la evaluación del potencial de biomasa en España realizado en el año 2011, antes mencionado, de forma que con una simple selección de la zona de consulta se generará el informe correspondiente.

Si el usuario desea modificar o actualizar algunas de las hipótesis de cálculo, existe la opción de variar, dentro de unos rangos, los valores de coste de biomasa, tipo de sistema de aprovechamiento, tipo de biomasa considerada y otros costes asociados. De esta forma, a partir de unas capas pre-calculadas se obtendrá un informe según los nuevos datos introducidos.

Si posteriormente se quieren afinar los cálculos para profundizar en la valoración de la posible realización de proyectos concretos deberán realizarse consultas con herramientas de potenciales más potentes (como la existente en IDAE) y trabajos de campo.



Estructura programa BIDA E

Herramienta de cálculo de Potenciales de Biomasa: BIDA E

BIDA E es una herramienta más potente que BIOANLINE que permite realizar informes exhaustivos y concretos, de acuerdo con los parámetros que, en buena medida, se definen previamente de forma acotada pero amplia.

Esta herramienta es usada por el IDAE para el cálculo tanto de potenciales de biomasa para fines generales como de evaluación del recurso existente para ubicar posibles plantas de biomasa. Ha sido utilizada para realizar en el año 2011 la última evaluación del potencial de biomasa en España y el desarrollo del visor web se ha basado en esta herramienta.

Concretamente fue desarrollada para obtener el potencial de biomasa existente en España y las hipótesis y los cálculos que se realizaron tuvieron como directriz obtener

un potencial conservador. Se elaboró a partir de las metodologías, esquemas y datos seleccionados por expertos agrícolas y forestales. Las limitaciones de la herramienta vienen determinadas por la naturaleza de la información empleada (grado de definición de la base cartográfica de base).

Mediante BIDA E es posible realizar consultas de los diferentes tipos de biomasa ofreciendo salidas cartográficas de disponibilidad de los distintos tipos de biomasa en diferentes ámbitos territoriales, de costes de extracción o acopio y de coste medio de la biomasa puesta en puntos concretos a determinar por el usuario final de la aplicación.

La determinación de superficies y el resto de la información se llevan a cabo a partir de cartografía existente, estableciendo las restricciones que se consideran más razonables por razones técnicas, tecnológicas, ecológicas, fisiográficas o legales y comparando su viabilidad económica frente a los posibles usos no energéticos forestales o agrícolas. En el caso concreto de los terrenos agrícolas se estudia la posible migración de tierras de producción de cultivos alimentarios o forrajeros hacia cultivos energéticos de biomasa sólida.

Una vez definidas las superficies susceptibles de aprovechamiento energético se establece la producción o posibilidad anual para los distintos tipos de vegetación existentes en ellas. Así pues, a partir de los datos de producción definidos, se establecerá para cada especie y/o tipo de cultivo la posibilidad de producción de biomasa a lo largo de sucesivos e indefinidos turnos de aprovechamiento. Los resultados, por tanto, se presentarán para cada especie o grupo de especies (referidos a sus ámbitos geográficos propios) en forma de toneladas de materia verde por hectárea y año.

Sobre esta cuantificación de posibilidad anual de biomasa se determinan los costes de su aprovechamiento, adecuación y transporte a un determinado punto geográfico que será definido por el usuario.

Un ejemplo de los resultados que se pueden obtener para una superficie determinada es el siguiente:

Biomasa potencial disponible (t/año) y Coste medio de obtención				
Procedencia		Biomasa (t/año)	Biomasa (tep/año)	Coste medio (€/t)
Masas forestales existentes	Restos de aprovechamientos madereros	2.847	2.847	33,92
	Aprovechamiento del árbol completo	61.936	13.318	40,05
Restos agrícolas		9.194	1.890	13,80
Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola		4.025	808	31,06
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola		4.584	1.020	26,03
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal		20.010	4.443	30,04
Total biomasa potencial disponible		102.596	24.327	

Resultados numéricos y cartográficos.

ANEXO III

LEGISLACIÓN AUTONÓMICA E INSTRUCCIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Nacional

- ▶ Guía de la normativa estatal sobre emisiones a la atmósfera. Ley 34/2007 y Real Decreto 100/2011.
- ▶ Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- ▶ Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- ▶ Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- ▶ Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Andalucía

- ▶ Decreto 334/2012, de 17 de julio, por el que se regulan las Entidades Colaboradoras en materia de Calidad Ambiental
- ▶ Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía.
- ▶ Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- ▶ Decreto 151/2006, de 25 de julio, por el que se establecen los valores límite y la metodología a aplicar en el control de las emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.
- ▶ Orden de 12 de febrero de 1998, por la que se establecen límites de emisión a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión de biomasa sólida.

Aragón

- ▶ Decreto 231/2004, de 2 de noviembre, por el que se crea el Registro de actividades industriales emisoras de compuestos orgánicos volátiles.
- ▶ Ley 7/2006, de 22 de junio, de protección ambiental de Aragón.

Illes Balears

- ▶ Decreto 104/2010, de 10 de septiembre, por el que se regula la autorización y el régimen de funcionamiento de los organismos de control para la atmósfera y creación de su registro.

- ▶ Artículo 22 de la Ley 16/2000, de 27 de diciembre, de medidas tributarias, administrativas y de función pública, referente a la periodicidad de medidas en instalaciones con actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera: grupo A: cada año; grupo B: cada tres años; grupo C: cada cinco años.

Canarias

- ▶ Orden de 17 de diciembre de 2008, por la que se aprueba el Plan de Actuación de Calidad del Aire de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Cantabria

- ▶ Ley 17/2006, de 11 de diciembre, de control ambiental integrado.
- ▶ Decreto 19/2010 por el que se aprueba el reglamento de la Ley 17/2006 de 11 de diciembre de Control Ambiental Integrado.
- ▶ Decreto 50/2009, de 18 de junio, por el que se regula el control de la contaminación atmosférica industrial en la Comunidad Autónoma de Cantabria.
- ▶ Orden MED/14/2009 de 1 de septiembre por la que se crea y regula el Registro de Entidades Colaboradoras de la Administración en materia de medio ambiente atmosférico (ECAMAT).

Castilla - La Mancha

- ▶ Orden de Conserjería de Agricultura y M. A. regulando trámite notificación determinados aspectos de la actuación de los organismos de control autorizados en el ámbito de Calidad Ambiental, Área de Atmósfera.

Castilla y León

- ▶ Ley 11/2003, de 8 de abril, de Prevención Ambiental de Castilla y León.
- ▶ Ley 15/2010, de 10 de diciembre, de Prevención de la Contaminación Lumínica y del Fomento del Ahorro y Eficiencia Energéticos Derivados de Instalaciones de Iluminación.
- ▶ Decreto 79/2009, de 29 de octubre, por el que se aprueba el Plan de Actuación para la Mejora de la Calidad del Aire en la Zona Atmosférica de La Robla.
- ▶ Decreto 78/2009, de 29 de octubre, por el que se aprueba el Plan de Actuación para la reducción de material particulado en la zona atmosférica de Miranda de Ebro.
- ▶ Decreto 39/2007, de 3 de mayo, por el que se crea el Registro de Instalaciones Emisoras de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV'S) de la Comunidad de Castilla y León.
- ▶ Orden MAM/248/2009, de 3 de febrero, por la que se establece el procedimiento y el modelo de notificación de emisiones y transferencias de contaminantes en la Comunidad de Castilla y León.

Cataluña

- ▶ Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de Protección del Ambiente Atmosférico.
- ▶ Decreto 203/2009, de 22 de diciembre, por el que se prorroga el Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los municipios declarados zonas de protección especial del ambiente atmosférico, aprobado por el Decreto 152/2007, de 10 de julio.
- ▶ Decreto 152/2007, de 10 de julio, de aprobación del Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los municipios declarados zonas de protección especial del ambiente atmosférico mediante el Decreto 226/2006, de 23 de mayo.
- ▶ Decreto 226/2006, 23 de mayo, por el que se declaran zonas de protección especial del ambiente atmosférico diversos municipios de las comarcas de El Barcelonès, El Vallès Oriental, El Vallès Occidental, el Baix Llobregat para el contaminante dióxido de nitrógeno y para las partículas.
- ▶ Decreto 80/2002, de 19 de febrero, regulador de las condiciones para la incineración de residuos.
- ▶ Decreto 319/1998, de 15 de diciembre, sobre límites de emisión para instalaciones industriales de combustión de potencia térmica inferior a 50 MW e instalaciones de cogeneración.
- ▶ Decreto 22/1998, de 4 de febrero, sobre límites de emisión a la atmósfera para instalaciones de tueste y torrefacción de café.
- ▶ Decreto 199/1995, de 16 de mayo, de aprobación de los mapas de vulnerabilidad y capacidad del territorio referidos a la contaminación atmosférica.
- ▶ Decreto 323/1994, de 4 de noviembre, por el que se regula las instalaciones de incineración de residuos y los límites de sus emisiones a la atmósfera.
- ▶ Decreto 322/1987, de 23 de septiembre, de desarrollo de la Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de Protección del Ambiente Atmosférico.
- ▶ Orden MAH/611/2010, de 23 de diciembre, de tramitación electrónica de los procedimientos de intervención administrativa e actividades del anexo I de la Ley 20/2009 de prevención y control ambiental de las actividades.
- ▶ IT-AT-002.- Determinación de los niveles de emisión de metales pesados: expresión de resultados.
- ▶ IT003.- Realización de medidas en instalaciones de combustión.
- ▶ IT007.- Aspectos interpretativos de la normativa vigente. Criterios de expresión de resultados de COV's y su valoración.
- ▶ IT008.- Realización de control de emisiones a la atmósfera en actividades extractivas de superficie.

- ▶ IT011.- Métodos de control reglamentario de focos emisores potencialmente contaminantes de la atmósfera (instalaciones multifoco).
- ▶ IT014.- Instrucción técnica para la calibración de sistemas de medida en continuo de las emisiones.
- ▶ IT016.- Entidades encargadas de realizar las tareas de calibrado de los analizadores en continuo.
- ▶ IT-AT-017.- Selección del método de medida de las emisiones a la atmósfera. Límite de cuantificación.
- ▶ IT-AT-018.- Gestión de los datos generados por un sistema automático de medida.
- ▶ IT019.- Verificación del cumplimiento del valor límite de emisión en focos emisores de contaminantes a la atmósfera.
- ▶ IT020.- Protocolo de conexión a la red de emisiones atmosféricas de Cataluña (XEAC).
- ▶ IT021.- Criterios para acogerse a un sistema de reducción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles como opción de cumplimiento del Real Decreto 117/2003.
- ▶ Cálculo de emisiones fugitivas de partículas en actividades extractivas.

Extremadura

- ▶ Ley 5/2010, de 23 de junio, de prevención y calidad ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.
- ▶ Orden de 14 de marzo de 2008 por la que se regula la notificación previa y se crea el Registro de Instalaciones Emisoras de Compuestos Orgánicos Volátiles en la Comunidad Autónoma de Extremadura.
- ▶ IT-DGECA-EA-01 - Instrucción técnica sobre medición en continuo de emisiones a la atmósfera.
- ▶ Instrucciones sobre la aplicación de la normativa relativa a Emisiones Contaminantes a la Atmósfera desde instalaciones industriales no IPPC.

Galicia

- ▶ Ley 8/2002, de 18 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico de Galicia.
- ▶ Decreto 133/2008, por el que se regula la evaluación de incidencia ambiental.
- ▶ Ley 12/1995, del impuesto sobre contaminación atmosférica.
- ▶ Decreto 29/2000, de 20 de enero, por el que se aprueba el Reglamento del impuesto sobre la contaminación atmosférica.

- ▶ Orden de 30 de julio de 2009 por la que se desarrolla el Reglamento del impuesto sobre la contaminación atmosférica.
- ▶ Decreto 10/2009, por el que se aprueban determinadas modificaciones en materia de tasas y precios del impuesto de contaminación atmosférica y en materia económico-administrativa.
- ▶ IT FE DXCAA 01-Criterios para definir VLE.
- ▶ IT FE DXCAA 02-Contenido documentos autorización.
- ▶ IT FE DXCAA 03-Resoluciones de Regularización Focos.
- ▶ IT FE DXCAA 05-Comunicaciones previas.
- ▶ IT FE DXCAA 06-Informes OCAs de control.
- ▶ IT FE DXCAA 07-Criterios para calcular altura chimenea.
- ▶ IT FE DXCAA 08-Condiciones seguridad en focos.
- ▶ IT FE DXCAA 09-Acondicionamiento plano de muestreo.
- ▶ IT FE DXCAA 10-Criterios de representatividad.
- ▶ IT FE DXCAA 11-Criterios para definir métodos de referencia.
- ▶ IT FE DXCAA 12-Certificación de SAM.
- ▶ IT FE DXCAA 13-Criterios para instalar SAM.
- ▶ IT FE DXCAA 14-Criterios para la interpretación de los resultados de medidas.
- ▶ IT FE DXCAA 15-Criterios para la verificación de los VLE.
- ▶ PG FE DXCAA 02-Proceso de regularización focos.
- ▶ PG FE DXCAA 03-Procedimiento general de controles de emisión.
- ▶ PG FE DXCAA 04-Registro y supervisión de OCAs.

Comunidad de Madrid

- ▶ Decreto 111/1994 por el que se regulan las Entidades de Inspección y Control Industrial y se les asignan funciones de comprobación del cumplimiento de las disposiciones y requisitos de seguridad de instalaciones industriales en caso de riesgo significativo para las personas, animales, bienes o medio ambiente.
- ▶ Decreto 38/2002 por el que se regulan las actividades de control reglamentario de las instalaciones industriales en la Comunidad de Madrid.

- ▶ Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.
- ▶ Resolución de 12 de marzo de 2009, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrollan procedimientos de vigilancia y control de la contaminación atmosférica industrial en la Comunidad de Madrid.
- ▶ Orden 144/2007, de 6 de febrero, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por el que se regula la notificación previa y se crea el Registro de Instalaciones Emisoras de Compuestos Orgánicos Volátiles en la Comunidad de Madrid.
- ▶ Orden 1433/2007, de 7 de junio, de la consejería de medio ambiente y ordenación del territorio, por la que se aprueba la estrategia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid 2006-2012. Plan Azul.
- ▶ ATM-E-MC-01- Instrucción Técnica para el aseguramiento de la calidad de los Sistemas Automáticos de Medida de Emisiones a la atmósfera en focos estacionarios en la Comunidad de Madrid.

Región de Murcia

- ▶ Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada.
- ▶ I.T. DG PECA-ATM-2.7. Criterios técnicos para la elaboración de los proyectos o anexos que den cumplimiento a los contenidos mínimos establecidos por la legislación de ambiente atmosférico.

Comunidad Foral de Navarra

- ▶ Decreto Foral 6/2002 por el que se establecen las condiciones aplicables a la implantación y funcionamiento de las actividades susceptibles de emitir contaminantes a la atmósfera.
- ▶ Decreto Foral 93/2006 por el que se aprueba Reglamento de desarrollo de la Ley Foral 4/2005, de Intervención para la Protección Ambiental.
- ▶ Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de intervención para la Protección Ambiental.

La Rioja

- ▶ Decreto 62/2006 por el que se aprueba el Reglamento de Desarrollo del Título I, "Intervención Administrativa", de la Ley 5/2002 de Protección del Medio Ambiente de La Rioja.
- ▶ Ley 5/2002, de 8 de octubre, de Protección del Medio Ambiente de La Rioja.
- ▶ Decreto 19/2007, de 20 de abril, por el que se crea el registro de instalaciones que usan disolventes orgánicos en determinadas actividades y se regula el seguimiento y control de sus emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

Comunitat Valenciana

- ▶ Decreto 127/2006 del Consell, por el que se desarrolla la Ley 2/2006 de la Generalitat, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.

- ▶ Ley 2/2006, de 5 de mayo, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.
- ▶ Orden de la Conselleria de Territorio y Vivienda, procedimiento para la comunicación de datos sobre emisiones por parte de los titulares de instalaciones sometidas al anexo 1 de la ley 2/2006 de prevención de la contaminación y calidad ambiental.

País Vasco

- ▶ Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco.
- ▶ IT- APCA-01 - Instrucción Técnica relativa al contenido y elaboración de la memoria técnica de las instalaciones sometidas a notificación.
- ▶ IT- APCA-02 - Instrucción Técnica relativa al contenido y elaboración del proyecto de las instalaciones sometidas a autorización.
- ▶ IT-DPECA-EA-APCA-03 - Instrucción Técnica relativa al acondicionamiento de los puntos de muestreo para garantizar la representatividad de las muestras en APCAs.
- ▶ IT-DPECA-EA-APCA-04 - Instrucción Técnica relativa a los criterios para garantizar la representatividad de las tomas de muestra y medidas a realizar en un foco emisor en APCAs.
- ▶ IT-DPECA-EA-APCA-05 - Instrucción Técnica relativa a los criterios para definir métodos de referencia para la determinación de contaminantes con métodos de muestreo manual en APCAs.
- ▶ IT-DPECA-EA-APCA-08 - Instrucción Técnica relativa a los Sistemas de Medición de Emisiones en Continuo (SMEC).
- ▶ IT-DPECA-EA-APCA-09 - Instrucción Técnica para la instalación, operación, mantenimiento y calibración de sistemas de medición de emisiones en continuo”.
- ▶ IT-DPECA-EA-APCA-11 - Instrucción Técnica de contenido de Informe mínimo de OCA en APCAs.
- ▶ IT-DPECA-EA-APCA-12 - Instrucción Técnica para la obtención de los Libros de Registro de emisiones contaminantes a la atmósfera en APCAs.

ANEXO IV

DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE EL USO DE BIOMASA EN LOS GOBIERNOS LOCALES

A continuación, se desarrollan una serie de buenas prácticas sobre el uso de la biomasa, las cuales podrían seguir los Gobiernos Locales.

1. DESARROLLO NORMATIVO DE IMPULSO AL SECTOR.

A través de esta medida de carácter horizontal, se pretende disponer de un marco normativo en materia de biomasa que promueva el uso de este recurso como fuente de energía renovable, ya sea mediante la elaboración de nuevas disposiciones específicas, o la modificación de la legislación existente en materia energética.

De esta manera, se debe favorecer el establecimiento de mecanismos, procedimientos, estándares, etc., que, o bien favorezcan el uso de biomasa como opción energética preferencial, o bien ofrezcan seguridad a sus consumidores, sin olvidar la implementación de aquellos mecanismos que velen eficazmente por su cumplimiento.

Actualmente, la normativa existente en materia de bioenergía es, mayoritariamente, de ámbito estatal, siendo necesario colaborar con la Administración General del Estado y demás Administraciones Públicas, al objeto de encontrar la solución más favorable para el sector, sin introducir duplicidades ni carga burocrática innecesaria.

Las principales áreas identificadas para la posible revisión y adaptación normativa son:

- ▶ Sector eléctrico.
- ▶ Transporte por carretera.
- ▶ Urbanismo.
- ▶ Hidrocarburos.
- ▶ Instalaciones térmicas en edificios.
- ▶ Fiscalidad.

2. PLANIFICACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA DE BIOMASA.

Independientemente del ámbito que se trate, para la consecución de unos propósitos u objetivos previamente definidos, resulta esencial disponer una adecuada planificación de cada uno de los pasos o acciones a realizar, favoreciendo su ejecución efectiva y el logro de las metas establecidas.

Trasladado a nuestros propósitos, cabe destacar que la bioenergía tiene un ineludible componente sectorial, por lo que es esencial que su planificación sea coordinada con la realizada en todos aquellos ámbitos que le afectan, a fin de obtener sinergias y evitar contradicciones entre todas ellas.

Es por ello que debe contemplarse, tanto el diseño de nuevos instrumentos de planificación, como la incorporación de consideraciones sobre bioenergía en otros ya existentes. En este sentido, se considera necesario realizar un doble enfoque en las labores de planificación, orientadas por una parte a la disponibilidad de recursos de origen biomásico, y otro que atienda a las demandas energéticas actuales.

A través de la planificación de la oferta de recursos se pretenden diseñar herramientas adecuadas para lograr una progresiva incorporación de biomasa en el circuito bioenergético, donde se incluirán políticas sectoriales en materia forestal, agrícola, industrial y de gestión de residuos. Algunos ejemplos de acciones que pueden ejecutarse para mejorar la oferta de recursos biomásicos pueden ser:

- ▶ Elaboración de planes de ordenación forestal.
- ▶ Incrementar los tratamientos selvícolas y la superficie intervenida con valorización energética de restos.
- ▶ Aprobación de programas sobre cultivos energéticos.
- ▶ Desarrollo de herramientas para la gestión de la biomasa de origen ganadero.
- ▶ Apoyo a la biometanización de materia orgánica biodegradable en los instrumentos de planificación de residuos; etc.

Por otra parte, resulta fundamental que las acciones anteriores vayan acompañadas de un conocimiento e impulso de la demanda actual de bioenergía por parte de la sociedad. En este caso, las medidas principales deben ir orientadas a las planificaciones urbanísticas, en especial, las relativas a vivienda de protección pública, y al desarrollo de infraestructuras energéticas, como líneas eléctricas y redes térmicas centralizadas.

Entre estas medidas, resulta particularmente importante la consideración del aprovechamiento potencial de la biomasa como fuente energética en el desarrollo de la planificación urbanística de cada municipio, ya que ello posibilitará una mejor ordenación de las infraestructuras energéticas necesarias, disminuyendo los tiempos y costes asociados a su instalación y mantenimiento.

3. APOYO A LA INICIATIVA EMPRESARIAL E INDUSTRIAL.

Los elevados costes de inversión que acompañan a los proyectos relacionados con el aprovechamiento energético de la biomasa, desde la extracción del recurso, pasando por su tratamiento, distribución y uso final, suponen un importante obstáculo al desarrollo del sector, haciéndolo en muchos casos inaccesible para aquellos agentes más vulnerables (PYMES, autónomos y particulares).

Es por ello que resulta conveniente el establecimiento de líneas de ayuda pública, que faciliten el acceso a equipos costosos por falta de economías de escala, e incentiven en diversos modos ciertas actividades o tecnologías que son consideradas clave dentro de las distintas cadenas de valor, o de gran potencial.

En cualquier caso, dichos incentivos variarán su intensidad en el tiempo (evitando distorsiones crónicas de precios), así como en las actividades objetivo, cuyo interés y relevancia podrán ir variando durante el periodo de desarrollo de este emergente sector.

Algunas de las medidas de apoyo económico que pueden desarrollarse desde el sector público son:

- ▶ Subvención a la inversión en instalaciones térmicas en residencial para particulares o comunidades de propietarios.
- ▶ Avalamiento y subvención al interés en plantas de fabricación de pellet o biocombustibles sólidos, en general, para empresas.
- ▶ Programas de ayudas a la adquisición de maquinaria para la producción de biomasa.
- ▶ Ayuda a la reducción de la biomasa leñosa que constituye un riesgo de incendios forestales.

Igualmente, y a medio camino entre el incentivo y el apoyo a la innovación, se enmarca la participación directa de la Administración Pública en proyectos de demostración o de especial significación.

Finalmente, estas medidas deberán complementarse con la implantación de un sistema de asesoramiento técnico y económico en materia de bioenergía, principalmente para empresas e instituciones, si bien también quedarán incluidos los particulares.

Por todo ello, las entidades locales podrían promover a nivel municipal el uso de este tipo de bioenergía en el sector empresarial, y dar apoyo institucional a aquellas iniciativas empresariales e industriales que surgieran en su municipio relativas al uso de este tipo de recurso.

4. IMPULSO A LA I+D+I EN MATERIA DE BIOENERGÍA.

El apoyo directo al esfuerzo en ingeniería, investigación y creación de conocimiento, tanto puramente técnico, como empresarial, económico o ambiental, resultan elementos clave para el desarrollo de cualquier sector, más aún en sus primeras fases, siendo éstos sobre los que descansará la ventaja competitiva de empresas y profesionales.

En este sentido, el desarrollo de estudios específicos, proyectos de explotación, pruebas piloto para la producción o uso de la biomasa, o la propia participación pública en proyectos de demostración, serán elementos que contribuirán decisivamente a la creación de dicha base de conocimiento.

Centrados en el sector de la bioenergía, existen dos aspectos fundamentales sobre los que se debe desarrollar una atención preferente en materia de I+D+i:

- ▶ Accesibilidad al recurso biomásico: conocer los sistemas más eficientes de aprovechamiento de biomasa, especialmente la procedente del medio forestal y de los cultivos energéticos, por ser las que presentan mayor potencial de cara a su explotación.
- ▶ Equipos, tecnologías y procesos de transformación de recursos bioenergéticos en energía útil: a este respecto puede resultar de especial interés poner en marcha, cofinanciadamente con centros tecnológicos, universidades y especialmente empresas, diversas instalaciones a pequeña escala para el aprovechamiento de biomasa, tanto térmico como eléctrico, fabricación de biocombustibles, etc.

De manera complementaria, también debe potenciarse el desarrollo de conocimiento por parte de empresas y profesionales en temas bioenergéticos generales, como estudios de las estructuras de costes del sector, prospectiva técnica y económica, análisis de mercados, afectación a otros sectores, redes de distribución y logística, afecciones ambientales y su minimización, etc.

Por último, para favorecer la creación de sinergias, al tiempo que evitar ineficiencias entre los diferentes organismos y políticas sobre I+D+i, se hace patente la necesidad de disponer de una entidad coordinadora en materia de bioenergía, siendo el ámbito regional el más idóneo para su implantación.

Por todo lo anterior, las entidades locales podrían dar apoyo institucional a aquellas iniciativas municipales que surgieran sobre temas de I + D + i en materia de bioenergía.

5. NORMALIZACIÓN Y TRAZABILIDAD DEL RECURSO.

Las labores de control y calidad a lo largo de toda la cadena de valor de la biomasa, suponen un aspecto estratégico para el desarrollo del sector de la bioenergía, favoreciendo una mayor confianza por parte del consumidor final, así como una elevada calidad en la oferta por parte de los productores.

La ausencia de estándares nacionales de calidad claros para biocombustibles sólidos provoca desconfianza a los posibles consumidores, no sirviendo la simple traducción de los de otros países adaptados a sus propios biocombustibles e industria de fabricación de equipos. Por ello, la elaboración de los reglamentos y normas necesarias para promover la normalización de la biomasa (especialmente la de uso doméstico), favorecerá la mejora de la calidad de la misma y el desarrollo de procedimientos para su control.

Por otro lado, resulta de especial importancia establecer un sistema de homologación en las actividades de recogida, preparación y suministro de la biomasa, que garanticen la trazabilidad del sistema en cantidad y calidad. En este sentido, la labor en trazabilidad asociada a la generación eléctrica es una necesidad, en tanto en cuanto existen diferentes precios de venta de la electricidad generada en función del tipo de biomasa utilizada. Ello se une al interés por una verificación del uso de la materia prima importada, según la sostenibilidad de los aprovechamientos forestales y el respeto a las poblaciones locales en los lugares de origen.

Aunque la ejecución de estas actuaciones trasciende el ámbito local, debiendo ser coordinadas por la Administración Central y las diferentes Comunidades Autónomas, los gobiernos locales pueden participar mediante el seguimiento y control del cumplimiento de dichas normas por parte de los fabricantes y distribuidores de biocombustibles sólidos presentes en su ámbito territorial.

6. MEJORA DE LOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA.

La existencia de una adecuada infraestructura logística constituye un elemento fundamental para el correcto desarrollo de cualquier sector. En el caso concreto de la biomasa, los canales de distribución no se encuentran tan desarrollados como los de los combustibles fósiles, lo que se traduce en un aumento en los costes asociados al transporte del recurso desde los lugares de extracción y transformación, hasta los de consumo, dificultando el progreso del mercado interior en materia bioenergética.

Con el fin de abaratar los costes de la biomasa, posibilitando la viabilidad de la misma y que se pueda llevar a cabo esta nueva actividad, por alcanzar el umbral de rentabilidad, resulta necesario

el estudio y puesta en marcha de actuaciones que permitan el transporte del recurso de forma más eficaz, incidiendo en mejoras de la red viaria y eléctrica, y en la normativa asociada a las mismas, así como en los sistemas y métodos de transporte.

Un ejemplo de estas medidas puede ser el apoyo a la creación de centros logísticos para la recogida, transformación y comercialización de la biomasa, distribuidos razonablemente por todo el territorio.

Por otro lado, también es importante el análisis de cómo mejorar la estructura de gestión de cenizas, especialmente las procedentes de usos térmicos.

Dada su envergadura y ámbito territorial afectado, estas actuaciones deberán ser impulsadas y coordinadas desde los organismos estatales competentes (Ministerio de la Presidencia; Ministerio de Industria, Energía y Turismo), pero contando con la necesaria colaboración de las Comunidades Autónomas y los entes locales.

7. EJECUCIÓN DE ACCIONES FORMATIVAS.

En la actualidad, se detecta un cierto déficit de personal técnico especializado en bioenergía que, de no corregirse, podría causar problemas de oferta de recursos humanos ante la previsible demanda de empleo futuro en el sector.

Se hace pues necesario realizar un esfuerzo en materia de formación, desde el nivel universitario hasta cursos especializados, cuyo principal fin sea aumentar la oferta de personal técnico que cuente con las habilidades y conocimientos necesarios para desempeñar su actividad profesional. Entre los perfiles profesionales que pueden verse favorecidos por la ejecución de estas actuaciones, se incluyen operarios de maquinaria forestal o agrícola, proyectistas de instalaciones de bioenergía, profesionales de cultivos energéticos, instaladores de calderas de biomasa, operadores de instalaciones energéticas, etc.

La necesidad de formar profesionales en el sector de la bioenergía, se justifica aún más si se tiene en cuenta que el uso térmico de la biomasa genera hasta 135-136 empleos directos nuevos, frente a los 9 que genera el petróleo o el gas natural, por cada 10.000 habitantes; mientras que el uso eléctrico de la biomasa genera 20 empleos por MW instalado (según la Asociación de Biomasa Austriaca y AVEBIOM: Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa). Se trata pues de un yacimiento de empleo de enorme interés, que adquiere mayor significancia si se tiene en cuenta el escenario de crisis económica por el que atraviesa el país.

Asimismo, se considera de especial interés favorecer acciones de formación dirigidas a empleados del sector público, con objeto de promover el uso de esta fuente de energía en instalaciones públicas, al tiempo que agilizar los trámites para concesión de permisos a instalaciones de biomasa.

Por último, además de la organización de tareas específicamente docentes, es necesario contemplar también la producción de información útil relacionada con la bioenergía, tales como estudios, monografías, software especializado, etc; así como el desarrollo de un sitio web donde se pueda encontrar fácilmente información relevante de todo tipo, relacionada con el sector, y que podría ser la base virtual para favorecer el encuentro empresarial o la búsqueda de empleo.

8. INFORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN DE LA CIUDADANÍA.

Uno de los principales problemas que afectan al sector de la biomasa es el desconocimiento, que

poseen tanto potenciales usuarios, como posibles proveedores de materia prima, equipos o servicios, sobre las oportunidades que el mismo brinda a unos u otros.

Por tanto, para seguir apostando por la biomasa como alternativa energética de futuro, es imprescindible promover actuaciones de difusión dirigidas a la sociedad en su conjunto, con objeto de promover un cambio de actitud y mostrar las ventajas que supone la incorporación de estas tecnologías al sistema eléctrico y a la producción de calor, y el impacto económico real que implica su impulso considerando todos los retornos que se producen.

La segmentación y selección de los mensajes y público objetivo a los que irán dirigidos las campañas, así como el uso de estrategias de comunicación y publicidad adecuadas, serán los factores de éxito de las mismas.

Todo ello deberá materializarse a través de la elaboración de un plan de difusión, que incluya campañas de televisión y radio, específicas y generales sobre biomasa, publicaciones, trípticos informativos, jornadas, encuentros sectoriales, artículos, etc.

9. ACTITUD EJEMPLARIZANTE DEL SECTOR PÚBLICO.

Las administraciones públicas juegan un papel clave a la hora de promover conductas respetuosas con el medio ambiente.

Con el fin último de propiciar el avance hacia un modelo energético más sostenible, los gobiernos locales podrán realizar esfuerzos por incorporar paulatinamente un mayor consumo de biomasa, incluyendo el uso de biocarburantes en sus vehículos municipales, biocombustibles para sus calderas de calefacción en centros educativos, administrativos, hospitales, etc. Así ejercerían un importante papel ejemplarizante sobre el uso de la biomasa como fuente de energía renovable alternativa a los combustibles fósiles, fomentando su empleo a nivel local, dinamizando este sector en el municipio, etc.

Entre las múltiples ventajas derivadas de estas actuaciones, entre las que destacan el ahorro tanto de emisiones de gases de efecto invernadero, como de la factura energética pública a medio y largo plazo, posibilitará una mayor cercanía de esta tecnología a la población, favoreciendo su incorporación en el ámbito doméstico.

10. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES EMPRENDIDAS.

Finalmente, como medida transversal, es necesario realizar un control sobre la adecuada ejecución de cada una de las actuaciones que sean propuestas, detectando posibles problemas en su planteamiento para proceder a su corrección.

La realización de estas labores de seguimiento y control deberán quedar a cargo de un observatorio específico, que actúe como centro de coordinación de toda la información generada, el cual operará preferentemente a nivel regional.

Para facilitar las labores de evaluación y seguimiento de los avances que experimente el sector de la bioenergía, deberá contemplarse el refuerzo de la labor estadística y de registro asociada al mismo, mediante la recogida y elaboración de grandes volúmenes de datos, que permitirán asimismo una mejor toma de decisiones por parte de particulares, empresas e instituciones.

Para concluir, seguidamente se ofrecen, a modo de ejemplo, algunas variables estadísticas que pueden resultar de interés para el sector:

- Cantidad y tipología de materias primas transformadas.
- Cantidad y tipología de biocombustibles consumidos, importados y producidos.
- Costes de biocombustibles y materias primas.
- Proveedores y fabricantes de biocombustibles sólidos.
- Inventario y caracterización energética de residuos.
- Instalaciones bioenergéticas industriales, consumo y características.
- Calderas de biomasa instaladas para uso residencial; etc.

ANEXO V

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Publicaciones

- Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío (2012): "Censo de Redes de Calor y Frío. Mayo 2012". ADHAC. [<http://www.adhac.es/>: consultado octubre 2012]
- Agencia Europea de Medio Ambiente (2009): "EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009". European Environment Agency (EEA).
- Agencia Andaluza de la Energía (2011): "La Biomasa en Andalucía". Junta de Andalucía.
- Agencia Andaluza de la Energía (2011): "Estudio básico del biogás". Junta de Andalucía.
- Agencia de Residuos de Cataluña (2006): "Estudio de mejora de la gestión de la fracción vegetal en Cataluña". Generalitat de Catalunya.
- Agencia Extremeña de la Energía (2011): "Introducción a la biomasa y estudio de sustitución de calderas en edificios". Agencia Extremeña de la Energía.
- Arrés, J., Capdevila, A.M., Martín, S. y Vilahur, M. (2010): "Avaluació de l'aprofitament de la biomassa disponible per a la producció d'energia calorífica al Parc Natural de l'Alt Pirineu", en Boada, M. et al. (Dir.): "Diagnosi Ambiental al Parc Natural de l'Alt Pirineu". Generalitat de Catalunya - Universitat Autònoma de Barcelona.
- Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM): "The Bioenergy International", Edición Español. Varios números. AVEBIOM.
- Breña del Campo, E. (2007): Proyecto Fin de Carrera "Estudio técnico-económico de la instalación de una planta de biomasa para generación eléctrica". Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Universidad Pontificia Comillas.
- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) (2011): "Guía práctica Bioenergía" del Proyecto REMAR. Navarra. CENER.
- Cerdá Tena, Emilio (2012): "La biomasa en España: una fuente de energía renovable con gran futuro". Fundación IDEAS.
- Colomer Mendoza, F.J. (2008): "Valorización de lodos digeridos en depuradora. Balance energético". 9º Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 9).
- Comunidad de Madrid (2006): "Guía Práctica Sistemas Automáticos de Calefacción con Biomasa en Edificios y Viviendas". Madrid.
- Comunidad de Madrid (2007): "Guía de la Bioenergía". Madrid.

- Diputación Provincial de Huelva (2010): "Estudio sobre las potencialidades de la biomasa en el desarrollo del Espacio Rayano (Act. 1 Proyecto RETALER)". Huelva.
- European Biomass Association (AEBIOM) (2011): "2011 Annual Statistical Report on the contribution of Biomass to the Energy System in the EU27".
- Fernández Castaño, Natalia (2010): "Plantas de Biomasa". Madrid. RENOVETEC.
- García-Martín, A., García Galindo, D., Pascual, J., De la Riva, J., Pérez-Cabello, F. y Montorio, R. (2011): "Determinación de zonas adecuadas para la extracción de biomasa residual forestal en la provincia de Teruel mediante SIG y teledetección", *GeoFocus*, nº 11.
- Gobierno del Principado de Asturias y Fundación Asturiana de la Energía (FAEN) (2007): "Guía de buenas prácticas en el consumo de energía en instalaciones municipales". Asturias. FAEN.
- Gobierno de Navarra (2010): "VI Catálogo de Buenas Prácticas en Desarrollo Local Sostenible de la Comunidad Foral de Navarra 2009-2010". Pamplona. Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente. Dirección General de Medio Ambiente y Agua.
- IDAE (2002): "Biomasa. Calefacción sostenible para edificios públicos". Madrid. IDAE.
- IDAE (2002): "Calefacción en grandes edificios con biomasa. Aspectos técnicos básicos". Madrid. IDAE.
- IDAE (2002): "Producción térmica centralizada, con biomasa, y red de distribución urbana". Madrid. IDAE.
- IDAE (2007): "Biomasa: Edificios". Madrid. IDAE.
- IDAE (2007): "Biomasa: Gasificación". Madrid. IDAE.
- IDAE (2007): "Energía de la Biomasa". Madrid. IDAE.
- IDAE (2008): "Biomasa: Empresas de servicios energéticos". Madrid. IDAE.
- IDAE (2008): "Biomasa: Redes de distribución térmica". Madrid. IDAE.
- IDAE (2009): "Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios". Madrid. IDAE.
- IDAE (2010): "Guía técnica de diseño de centrales de calor eficientes". Madrid. IDAE.
- IDAE (2010): "Informe Técnico Programa BIOMCASA". Madrid. IDAE.
- IDAE (2011): "Evaluación del potencial de energía de la biomasa". Estudio Técnico PER 2011-2020. Madrid. IDAE.
- IDAE (2011): "Situación y potencial de generación de biogás". Estudio Técnico PER 2011-2020. Madrid. IDAE.
- Instituto de Ingeniería Energética-Universidad Politécnica de Valencia (IIE-UPV) y AINIA (2010):

“Cuantificación de materias primas para producción de biogás”. Informe derivado del Proyecto Singular y Estratégico (PSE) PROBIOGAS. Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España. Ministerio de Ciencia e Innovación.

- Instituto de Ingeniería Energética-Universidad Politécnica de Valencia (IIE-UPV) y AINIA (2010): “Informe de residuos ganaderos en España”. Informe derivado del Proyecto Singular y Estratégico (PSE) PROBIOGAS. Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España. Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Instituto de Ingeniería Energética-Universidad Politécnica de Valencia (IIE-UPV) y AINIA (2010): “Informe de residuos vegetales en España”. Informe derivado del Proyecto Singular y Estratégico (PSE) PROBIOGAS. Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España. Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Junta de Andalucía (2010): “Pliego de Bases Técnicas para diseño y construcción de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales”. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Junta de Castilla y León (2010): “Plan regional de ámbito sectorial de la bioenergía de Castilla y León”. Junta de Castilla y León.
- Mantecón Pascual, R. (2007): “Características de los vertidos de aguas residuales y su incidencia en los sistemas de saneamiento”. XXV Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras, Tomo I. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Martínez Lozano, Sergio (2009): “Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña”. Universitat de Girona.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) (2010 y 2011): “Anuario de Estadística Agroalimentaria 2010-2011”. MAGRAMA.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) (2010 y 2011): “Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA)”. MAGRAMA.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) (2011): “Guía de la normativa estatal sobre emisiones a la atmósfera. Ley 34/2007 y Real Decreto 100/2011”. MAGRAMA.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) (2011): “Sistema integrado de información del agua”. MAGRAMA.
- Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (2005, 2009 y 2010): “Encuesta de infraestructuras y equipamientos locales (EIEL)”.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2005): “Plan de Energías Renovables 2005-2010”. Madrid. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2011): “Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020”. Madrid. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Energías Renovables en el Medio Rural

para la lucha contra el cambio climático (ENERAL) (2010): "Guía sobre uso eficiente de energía y aprovechamiento de la biomasa en el hogar". GDR Portmader. Proyecto Eeneral.

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2006): "Estadística Forestal Nacional de 2006". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2011): "Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)". Generalitat de Catalunya.
- Salas Antón, A. (1998): "Los residuos de las zonas verdes", Agrotécnica nº 8
- Santa Cruz Astorqui J.; del Río Merino M.; Cachero Alonso G.; Monje García I.; Rubio Madueño D. (2008): "Estudio de la viabilidad del aprovechamiento de biomasa para calefacción y ACS en edificación". Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid.
- Sebastián Nogués, Fernando y Royo Herrer, Javier (2002): "Ciclo Energías Renovables. Jornadas Biomasa". Zaragoza. Fundación CIRCE.
- Sendín Macías, Sara (2009): "Diagnóstico de la legislación y ayudas de la biomasa en España". Valladolid. Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM).
- Tolón A. y Lastra X (2010): "La agricultura intensiva del poniente almeriense. Diagnóstico e instrumentos de gestión ambiental". Revista Electrónica de Medio Ambiente. Universidad Complutense de Madrid.
- Xunta de Galicia (2004): "Manual para el Aprovechamiento energético de la biomasa forestal". Geodem.

Páginas Web

- Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío (ADHAC): <http://www.adhac.es>
- Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA): <http://www.eea.europa.eu>
- Agencia Andaluza de la Energía (AAE): <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es>
- Agencia de la Energía de Castilla-La Mancha (AGECAM): <http://www.agecam.es>
- Agència d'Energia de Barcelona: <http://www.barcelonaenergia.cat>
- Agencia Extremeña de la Energía (Agenex): <http://www.agenex.net>
- Agencia para el Aceite de Oliva:
http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/General.aao?idioma=ESP&avisosMostrados=-NO&control_acceso=S
- Agencia Provincial de la Energía de Burgos (AGENBUR): <http://www.agenbur.com>
- Agrupación Empresarial Innovadora de Biotecnología Agroalimentaria de Castilla y León (VI-TARTIS): <http://www.vitartis.es/>

- Aguas de Jerez Empresa Municipal S.A.: <http://www.aguasdejerez.com>
- Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA): <http://www.appa.es>
- Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM): <http://www.avebiom.org>
- BIO-HEAT: <http://bio-heat.eu/en/home.html>
- BIORAISE Aplicación SIG para evaluación de recursos de biomasa agrícola y forestal: <http://bioraise.ciemat.es/bioraise/>
- Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER-CIEMAT): <http://www.ceder.es/CEDER-portal>
- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER): <http://www.cener.com>
- Centro Tecnológico Avanzado de Energías Renovables (CTAER): <http://www.ctaer.com/index.php>
- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/>
- Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía: <http://www.juntadeandalucia.es/organismos/economiainnovacioncienciayempleo.html>
- Construible: <http://www.construible.es>
- Dresser-Rand Group, Inc. (Grupo Guascor): <http://www.guascor.com>
- ECOGAS: <http://www.ecogas.com>
- Empresa Municipal de Transportes de Madrid: <http://www.emtmadrid.es/>
- Empresa Municipal de Transportes Públicos de Tarragona: <http://emtanemambtu.cat/>
- Enersilva: Biomasa Forestal Primaria. www.enersilva.org
- Enertres: <http://www.enertres.com>
- Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN): <http://www.eren.jcyl.es>
- European Biomass Association (AEBIOM): <http://www.aebiom.org/>
- Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP): <http://www.femp.es/>
- Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA): www.fega.es
- Fundación Asturiana de la Energía (FAEN): <http://www.fauen.es>
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM): <http://www.fenercom.com>

- Fundación IDEAS: <http://www.fundacionideas.es>
- Geolit Parque Científico y Tecnológico: <http://www.geolit.es>
- Grupo Nova Energía: <http://www.gruponovaenergia.com>
- Institut Català d'Energia (ICAEN): <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE): <http://www.idae.es>
- Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR): <http://www.isrcer.org>
- International Energy Agency (IEA): <http://www.iea.org/>
- Junta de Castilla y León: <http://www.jcyl.es>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA): <http://www.magrama.gob.es>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo: <http://www.minetur.gob.es>
- Morgan Aqua Environmental Technologies: <http://www.morganaqua.com>
- Oficina de Cambio Climático de Santander: www.oficinacambioclimaticosantander.es
- Oficina Catalana del Canvi Climàtic: <http://www20.gencat.cat/portal/site/canviclimatic>
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC): <http://www.ipcc.ch>
- Pellets Asturias: <http://www.pelletsasturias.com>
- Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa: www.bioplat.org
- Plataforma Tecnológica Europea MANUFUTURE: <http://www.manufuture.es>
- Proyecto Erenal (Energías Renovables en el Medio Rural para la lucha contra el Cambio Climático): <http://eneral.info/index.php>
- Proyecto PROBIOGAS: <http://www.probiogas.es>
- Recursos de la Biomasa S.L. (REBI): <http://www.rebisl.es>
- Red Española de Ciudades por el Clima: <http://www.redciudadesclima.es>
- Renovarte: Energías Renovables y Eficiencia Energética: www.renov-arte.es
- Sistema integrado de información del agua: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/pla-nificacion-hidrologica/sia/>
- Tesis Doctorales en Red (TDR): <http://www.tdx.cat>

-
- The European Biomass Association (AEBIOM): <http://www.aebiom.org>
 - Universidad de Almería (UAL): www.ual.es
 - Xunta de Galicia: <http://www.xunta.es>

