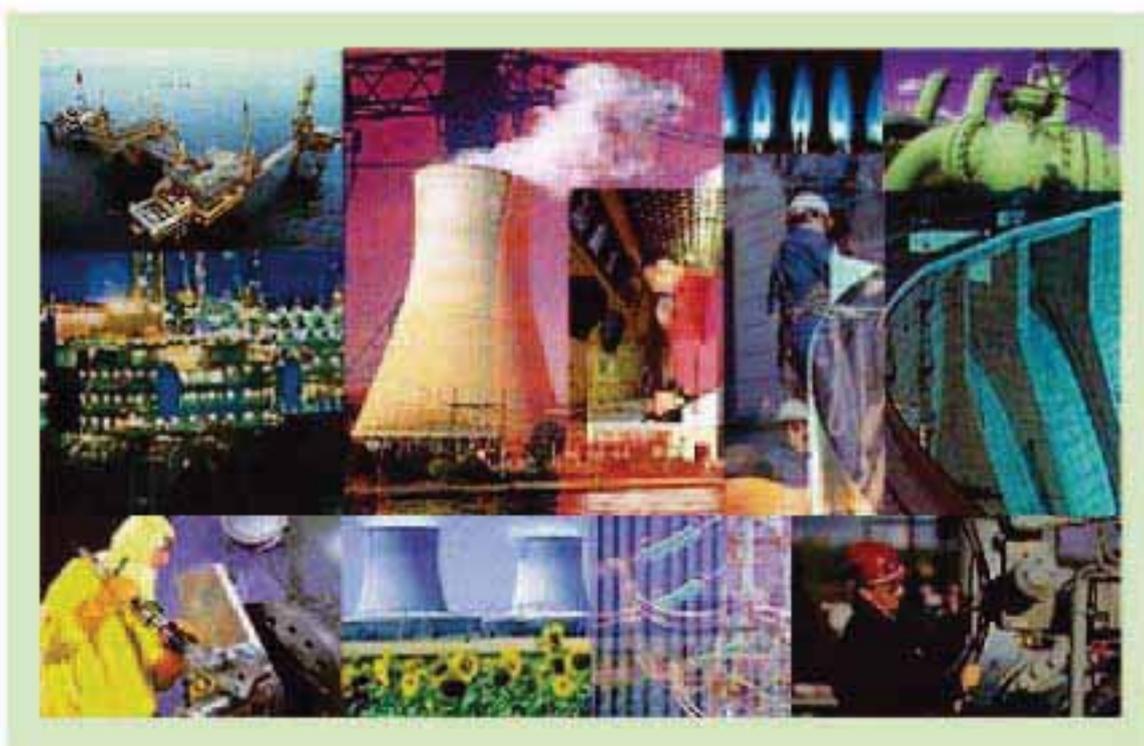


OBSERVATORIO INDUSTRIAL DEL SECTOR ENERGÉTICO DE CASTILLA Y LEÓN



**FEDERACIÓN MINEROMETALÚRGICA DE CCOO DE
CASTILLA Y LEÓN**

LA BIOMASA EN CASTILLA Y LEÓN. ANÁLISIS BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



ÍNDICE

| | | |
|---------|--|-----------|
| I | PRÓLOGO | 4 |
| II | OBJETIVOS | 7 |
| III | LA BIOMASA | 10 |
| III.1 | Introducción | 10 |
| III.1.1 | Plan de Energías renovables en España | 12 |
| III.1.2 | Análisis de escenarios | 17 |
| III.1.3 | La población | 22 |
| III.1.4 | La demanda de energía | 25 |
| III.1.5 | Sistema de generación y transporte | 37 |
| III.2 | La biomasa | 39 |
| III.2.1 | Concepto de biomasa | 39 |
| III.2.2 | La biomasa como combustible | 52 |
| III.2.3 | La biomasa en el contexto de la Unión Europea | 55 |
| III.3 | Tipos de biomasa | 57 |
| III.3.1 | Introducción | 58 |
| III.3.2 | Biomasa Natural | 59 |
| III.3.3 | Biomasa residual seca | 62 |
| III.3.4 | Biomasa residual húmeda | 64 |
| III.3.5 | Cultivos energéticos | 64 |
| III.3.6 | Biocarburantes | 68 |
| III.4 | Sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa | 68 |
| III.4.1 | Algunas características de la biomasa | 68 |
| III.4.2 | Aplicaciones energéticas de la biomasa | 74 |
| III.4.3 | Procesos de conversión | 77 |
| III.4.4 | Procesos de combustión directa | 79 |
| III.4.5 | Procesos termo-químicos | 80 |
| III.4.6 | Métodos bio-químicos | 86 |
| III.4.7 | Producción de biocarburantes | 92 |
| III.4.8 | Combustión y emisiones | 93 |
| III.5 | Gestión de recursos leñosos | 96 |
| III.5.1 | Residuos forestales | 97 |
| III.5.2 | Residuos de industrias forestales | 107 |
| III.5.3 | Proceso de combustión | 108 |
| III.6 | Cultivos energéticos | 110 |
| III.6.1 | Posibilidades de los cultivos energéticos | 111 |
| III.6.2 | El cardo, cultivo energético | 115 |
| III.7 | Biocombustibles líquidos | 117 |
| III.7.1 | Bioetanol o bioalcohol | 124 |
| III.7.2 | Biodiesel | 127 |
| III.8 | Evaluación ambiental | 135 |
| III.8.1 | El papel de las energías renovables en la lucha contra el cambio climático | 138 |
| III.8.2 | Las energías renovables como alternativa de menor impacto | 139 |
| III.8.3 | Propuesta de Directiva sobre el uso de la energía renovable | 141 |
| III.8.4 | Biocarburantes | 162 |

| | | |
|-------------|--|------------|
| III.9 | Evaluación socioeconómica | 163 |
| III.9.1 | Antecedentes generales de la evaluación | 163 |
| III.9.2 | Empleo | 163 |
| III.9.3 | Costos | 167 |
| III.10 | Aspectos técnicos de la energía de biomasa | 168 |
| III.11 | Escenarios. Previsiones de mercado | 177 |
| III.11.1 | Estudio de mercado | 182 |
| III.11.2 | Estudio técnico | 185 |
| III.11.3 | Estudio legal | 187 |
| III.12 | Ventajas e inconvenientes del uso de la biomasa | 189 |
| III.12.1 | Ventajas | 189 |
| III.12.2 | Inconvenientes | 192 |
| III.12.3 | Ventajas y desventajas de los biocombustibles | 193 |
| III.12.4 | Resumen de ventajas y desventajas | 196 |
| IV | LA BIOMASA EN CASTILLA Y LEÓN..... | 199 |
| IV.1 | Gestión de recursos leñosos | 199 |
| IV.1.1 | Residuos de industrias forestales | 199 |
| IV.1.2 | Fases del tratamiento de los recursos leñosos | 212 |
| IV.2 | Posibilidades de los cultivos energéticos | 213 |
| IV.3 | Demanda térmica en Instalaciones | 214 |
| IV.3.1 | Instalaciones de Combustión | 220 |
| IV.3.2 | Instalaciones asociadas de Termoeléctricas | 236 |
| IV.3.3 | Instalaciones de Gasificación | 238 |
| IV.3.4 | Instalaciones de Co-Combustión en Centrales Térmicas de Carbón | 245 |
| IV.3.5 | Instalaciones de Biomasa Forestal | 248 |
| IV.3.6 | Instalaciones de Biodiesel | 254 |
| IV.3.7 | Instalaciones de Bioetanol | 258 |
| IV.3.8 | Estudio económico | 261 |
| V | CONCLUSIONES GENERALES | 269 |
| V.1 | Mercado Energético en la Comunidad de Castilla y León | 269 |
| V.2 | Mercado Energético en Castilla y León | 277 |
| V.3 | Conclusiones y recomendaciones | 284 |
| VI | AGRADECIMIENTOS | 285 |
| VII | BIBLIOGRAFÍA..... | 286 |
| VII.1 | Libros | 286 |
| VII.2 | Internet | 289 |
| VII.2.1 | General | 289 |
| VII.2.2 | Biodiesel | 290 |
| VII.2.3 | Gasificación | 291 |
| VII.2.4 | Biogás | 291 |
| VII.2.5 | Información educativa | 291 |
| VII.2.6 | Fabricantes y empresas consultoras | 291 |
| VIII | ANEXOS | 294 |
| VIII.1 | Unidades y conversión | 294 |

En esta memoria se resumen las actividades en las que durante este último año ha estado trabajando la Federación, como respuesta a los compromisos contraídos en la constitución de este Observatorio.

- Actuación 1: Biomasa. Estudio del potencial en Palencia y Zamora
- Actuación 2: Biomasa. Actualización de los datos de León
- Actuación 3: Infraestructura eléctrica de León
- Actuación 4: Red de distribución de alta tensión en Castilla y León
- Actuación 5: Elaboración del GIS con los datos obtenidos tanto para la biomasa como para la infraestructura eléctrica.

Para poder llevar a cabo estas actividades, la Federación de Industria ha contactado con responsables de empresas del sector de la comunidad de Castilla y León, para de este modo conseguir datos para el posterior análisis. Del mismo modo se ha contactado con otras entidades, tales como administración, universidades y de otra índole, como revistas acerca del sector y publicaciones, anuarios, estudios, etc.

Pero este esfuerzo apenas ha hecho más que comenzar, suponiendo un primer paso para continuar avanzando en esta misma línea sin quedarnos en meras formalidades, fomentando el diálogo social, fomentando proyectos, medidas y propuestas, que contribuyan a la mejora del sector y al aumento de su productividad.

La Federación de Industria entiende y apuesta que el observatorio debe de consolidarse en un foro permanente de encuentro entre los diversos agentes que en el participamos, para el análisis del sector, sirviendo de recogida y procesamiento de información acerca de las necesidades, demandas, resultados y perspectivas del mismo y con todo ello poder elaborar un diagnóstico exhaustivo para así poder plantear propuestas de mejora.

Desde el Observatorio se debe de fomentar el desarrollo del sector, con nuevos elementos de innovación y sistemas que mejoren la productividad de las

empresas, para de este modo asegurar el futuro del sector como garantía de empleo, en nuestra comunidad.

Gonzalo A. Díez Piñeles
Secretario General
Federación de Industria de CCOO de Castilla y León



II Objetivos

Una vez cerrado el segundo año de trabajo del Observatorio del Sector de la Energía de Castilla y León, abrimos un nuevo curso sobre las siguientes bases:

- Se considera de interés primordial la consolidación y modernización de los sectores industriales, con la potenciación de nuevos instrumentos activos de política industrial que contribuyan a dar respuesta a los retos que plantean la globalización de la economía, la preservación del medio ambiente, la ampliación de la UE, la sociedad del conocimiento, la modernización tecnológica y los desequilibrios territoriales entre otros.
- Será necesario aunar esfuerzos para fomentar el desarrollo del sector de la energía, en aspectos tales como su esfuerzo I+D+i, su capacidad productiva y exportadora, de consolidación de inversiones y empleo, modernización empresarial y tecnológica y su adaptación a las nuevas normativas internacionales de competencia.

Para poder conseguir estos objetivos generales, se plantean otros de actuación específica, que son los siguientes:

- Fomentar y mejorar el empleo, pero un empleo de calidad.
- Potenciar la creación y desarrollo de las empresas de la energía en Castilla y León, mediante actuaciones que fomenten el empleo en el sector.
- Tener información continuada sobre las potencialidades y debilidades del sector.
- Conocer las necesidades de las empresas y las carencias del sector.
- Potenciar la capacidad para detectar cambios en el sector de la energía, favoreciendo una actitud proactiva para convertir las amenazas en oportunidades.

II. Objetivos

- Conocer las ventajas con las que cuentan las empresas del sector en la comunidad en cuanto a nivel tecnológico, formativo y de recursos humanos, y potenciarlas para mejorar su competitividad tanto nacional como internacional.
- Buscar la competitividad con productos diferenciados de un alto valor añadido, calidad, innovación continua necesaria para la productividad de las empresas.
- Hacer frente a las fluctuaciones del mercado y reducir el impacto en los periodos de crisis.
- Estudiar y analizar la evolución seguida por el sector en aspectos tan importantes como la producción, las exportaciones en Castilla y León y en España, el empleo, etc.
- Analizar la siniestralidad laboral existente actualmente en el sector comparándola con la de otras regiones y países.
- Conocer las normas de calidad que actualmente utilizan las empresas del sector.
- Estudiar la situación actual en la que se encuentra el sector con respecto a la gestión ambiental.
- Analizar las ayudas o incentivos a los que pueden acceder las empresas del sector de la Energía en la actualidad.
- Revisar la legislación que repercute directamente en las empresas del sector.
- Estudiar los modelos de agrupación territorial de las empresas y potenciarlos.
- Estudiar la evolución y realidad de las estrategias empresariales en el sector.

II. Objetivos

- Analizar las infraestructuras de las que disponen las empresas del sector con el fin de conocer las mayores deficiencias y poder solventarlas.
- Implantar la formación más acorde con las empresas y las nuevas tecnologías, para hacer frente a los nuevos retos que se están planteando.
- Analizar la evolución que están sufriendo las cualificaciones existentes en el sector.
- Facilitar la toma de decisiones de carácter estratégico para las empresas del sector y los organismos promotores del Observatorio.
- Conseguir que el Observatorio actúe como un organismo intermedio de apoyo a la industria del Sector de la Energía.
- Facilitar el trabajo en Red de los diferentes agentes y organismos de la industria del sector.

III La Biomasa

III.1 Introducción

Desde hace más de 20 años, España ha tenido un crecimiento importante en el consumo de Energía. Si a este aumento de consumo sumamos nuestra creciente y excesiva dependencia energética exterior (que se acerca al 80%), la necesidad de preservación del medio ambiente, el aseguramiento del desarrollo sostenible, etc., nos obliga a fomentar el uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes de energía limpias.

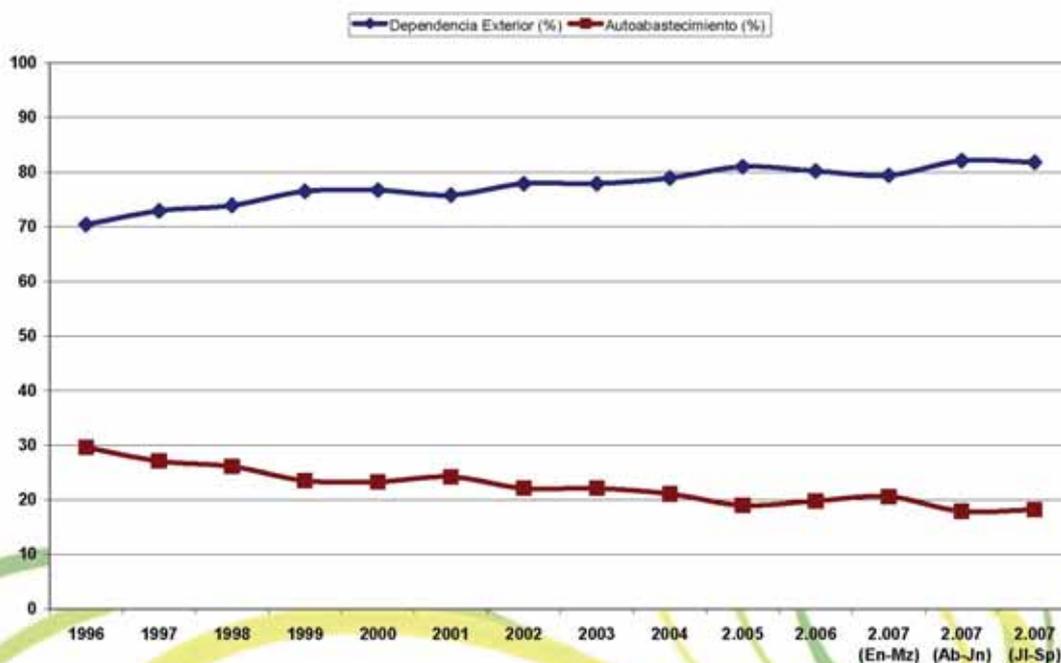


Figura 1. Grado de autoabastecimiento de energía (Fuente: DGPEM. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - Elaboración propia)

Las dos estrategias más claras que se pueden seguir, a la vista de estos resultados son:

- Crecimiento sustancial de fuentes de energía renovables
- Mejora en la eficiencia energética

Estas actuaciones responden a las claves de la responsabilidad social corporativa (y como no podría ser de otro modo también a nivel nacional),

incluyendo parámetros económicos, sociales y ambientales, además de cumplir con los compromisos internacionales en materia de medio ambiente y energía.

En línea con estas actuaciones, en el año 2000 se presentó el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España, con vigencia desde el propio año 2000 hasta el año 2010. En el año 2005 se ha revisado este plan, y fruto de esta revisión se ha realizado el Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 (PNA), que es el que actualmente está vigente.

En el primer plan, se definieron unos objetivos por áreas que permitirían en el año 2010 cubrir el objetivo de referencia del 12% de la energía total como renovable. En el año 2004 se había aumentado en España en 2.700.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep) el consumo de energías renovables anuales, que implica un esfuerzo importante de crecimiento, pero a la vez insuficiente para cubrir el objetivo final. Así en el año 2004 se había alcanzado un cumplimiento acumulado del 28.4% sobre el objetivo final previsto para el año 2010.

Además, desde la aprobación del plan en el año 1999, el consumo de energía primaria y la intensidad energética habían crecido muy por encima de lo previsto, debido tanto por el incremento de la demanda en energía eléctrica como en el consumo de carburantes para el transporte. Este crecimiento es muy superior al marcado por los escenarios previstos en dicho año, lo que hace que el cumplimiento del objetivo relativo de cobertura con recursos renovables sería difícil de conseguir por el aumento de la demanda primaria, y lo que implicó en la revisión del citado Plan, adaptado a los nuevos escenarios, y estableciendo unos objetivos acordes con perspectivas más realistas.

La revisión de este Plan se hace también al considerarse nuevos compromisos de carácter ambiental, que son una prioridad en materia ambiental, tanto a nivel nacional como comunitario, como son:

- Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión 2005-2007, aprobado mediante RD 1866/2004

- Cumplimiento del Protocolo de Kyoto, que entró en vigor el 16 de febrero de 2005

Ambas acciones se enmarcan dentro de la Estrategia para el Desarrollo Sostenible, que establecen un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad (Directivas 2003/87/CE y 2004/101/CE) transpuestas a la normativa nacional mediante el Real Decreto Ley 5/2004 y la Ley 1/2005.

En el caso de las energías renovables, las plantas de generación de energía eléctrica no están cubiertas por estas Directivas, puesto que se consideran que no son emisoras de CO₂. No obstante, las fuentes de energías renovables si se incorporan en el PNA 2005-2007 como instrumento fundamental para reducir las emisiones de CO₂ en los sectores difusos, que no están contemplados en la Directiva.

III.1.1 Plan de Energías renovables en España

En la actualidad nos regimos por un modelo energético basado en fuentes no renovables, principalmente combustibles fósiles, que provocan impactos ambientales significativos y desequilibrios que nos hace tender hacia un cambio, dirigido principalmente por la sostenibilidad.

La primera vez que se habló de desarrollo sostenible fue en el Informe Brundland, en 1987, como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades". El Desarrollo Sostenible se basa en tres principios, que conviven y se desarrollan de forma simultánea: el crecimiento económico, el progreso social y el uso racional de los recursos.

Si este concepto lo pasamos al mundo energético, vemos que con el actual ritmo de consumo, no sólo no aseguramos el acceso energético a nuestras generaciones futuras, sino que tampoco aseguramos la disposición de la energía a los países en vías de desarrollo, por lo que el desarrollo de fuentes

de energía renovables se encuentra entre las soluciones más racionales al problema.

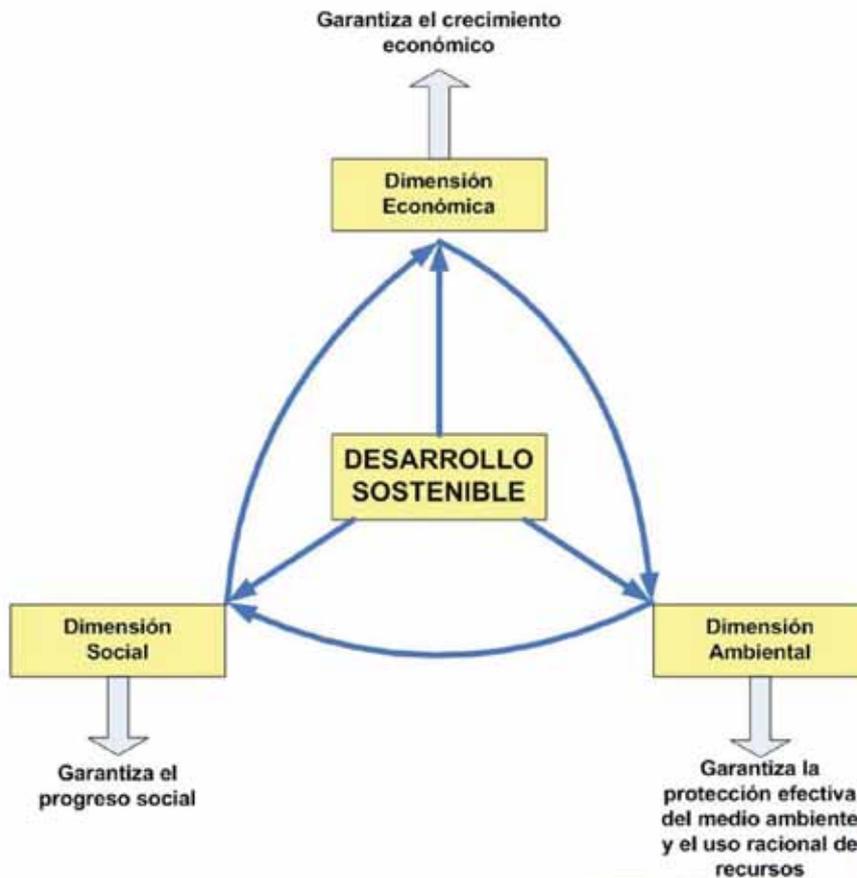


Figura 2. Dimensiones de análisis del Desarrollo Sostenible (Elaboración Propia)

Las dimensiones del análisis del Desarrollo sostenible también se pueden pasar al modelo energético, y con su desarrollo podremos controlar:

- La dimensión económica.- Rebajando la dependencia energética del exterior que puede provocar riesgos macroeconómicos, para permitir los accesos a la energía en condiciones de precio y calidad adecuados (y no dependientes sobre todo del petróleo), y permitiendo una diversificación de las fuentes energéticas, que garanticen una oferta energética a largo plazo.
- La dimensión social.- Permitiendo el desarrollo de las zonas rurales y dispersas, permitiendo una ocupación equilibrada del territorio y un desarrollo rural, dando nuevos mercados, permitiendo la creación de nuevos puestos de trabajo (allí donde se produce), mejorando la calidad

de vida y la competitividad industrial, permitiendo a largo plazo el crecimiento económico. Además, mediante los cultivos energéticos podremos recuperar tierras agrícolas abandonadas, y permitirán entrar en rotación con otros cultivos, para así disminuir el uso de fertilizantes.

- La dimensión ambiental.- Permitiendo una rebaja significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero y evitando la utilización de fuentes de energía no renovables, y por ello reduciendo los daños derivados del cambio climático. Más del 75% de los gases de efecto invernadero contemplados en el Protocolo de Kyoto tienen origen energético.

Evaluando estas dimensiones, la Comisión Europea publica el "Libro Blanco de las Energías Renovables" en 1997, adoptando como indicador que las fuentes de energía renovables cubrieran un 12% del total de la demanda energética en el año 2010. En este Libro Blanco se señala que la principal contribución al crecimiento de las energías renovables en la Unión Europea podría provenir de la biomasa.

En dicho Libro Blanco se establecen una serie de medidas prioritarias, entre las que están el acceso de las fuentes de energías renovables a las redes eléctricas a tarifas no discriminatorias, y se evalúan los regímenes de apoyo a las energías renovables en los diferentes estados miembros para proponer una Directiva que proporcionara un marco armonizado y garantizara una contribución de las energías renovables al suministro global de electricidad. Esta Directiva fue aprobada en septiembre de 2001, y exige a los Estados miembros el establecimiento de objetivos indicativos nacionales de consumo de electricidad generada a partir de energías renovables. En la propia Directiva se fijan que para el año 2010 un valor de referencia del 22% y, para España el valor de 29.4%, que es el mismo que el fijado por el Plan de Energías Renovables 2000-2010.

En el Libro Blanco también se aborda el tema de los biocombustibles para el transporte y la generación de calor y electricidad. Sobre este tema se han aprobado varias Directivas:

- Directiva 2003/30/CE, de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables en el transporte, establece unos objetivos en términos de porcentajes mínimos de venta de biocarburantes en 2005 del 2% y en 2010 del 5.75%.
- Directiva 2004/8/CE, de 11 de febrero de 2004, relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía.
- Directiva 2003/96/CE se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad, dando vía libre a la reducción de impuestos especiales a los biocarburantes producidos en instalaciones de carácter industrial, e incluso a la aplicación de un tipo cero. Esta posibilidad ya se había contemplado en España con la publicación, a finales de 2002, de la ley 53/2002, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social, en la que se reforma la ley de impuestos especiales en lo referente a fiscalidad.
- Directiva 2001/77/CE relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad, marcando un doble objetivo: fomento del aumento de la contribución de energías renovables a la generación de electricidad en el mercado interior y sienta las bases de un futuro marco comunitario para el mismo. La Directiva reconoce que los Estados miembros aplican diferentes mecanismos de apoyo a escala nacional, como los *certificados verdes*, ayudas a la inversión, exenciones o desgravaciones fiscales, devoluciones de impuestos y sistemas de apoyo directo (vía tarifa) a los precios de la electricidad renovable.

La cogeneración y la sustitución de combustibles fósiles en centrales de carbón son una serie de medidas propuestas para desarrollar propuestas de desarrollo de biomasa sólida, además de la facilitación del acceso a los combustibles derivados de los desechos mejorados como las virutas de madera y la explotación más intensiva de los residuos resultantes de la explotación forestal y las industrias de la madera y el papel.

Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010: necesidades de revisión

En la actualidad tenemos vigente en España el Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER), que es una revisión del Plan 2000-2010.

En el Plan de Fomento de las Energías Renovables (PFER) se definieron unos objetivos por áreas que permitirían alcanzar en el año 2010 el objetivo general de que las fuentes renovables cubrieran como mínimo el 12% de la demanda total de energía primaria, de acuerdo con un escenario de ahorro.

El citado Plan se sometió a un seguimiento anual y fruto de este seguimiento surgió la necesidad de la revisión. En el último seguimiento efectuado (del año 2003), el consumo de energías renovables se había situado en España a 2.700.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep) anuales, que suponía un incremento significativo pero insuficiente para alcanzar los objetivos fijados.

Si hacemos un resumen de lo alcanzado a fecha de 2004 y lo previsto en el Plan a 2010, tendremos los datos mostrados en la Tabla 1.

A finales del 2004 el grado de cumplimiento del objetivo para 2010 era tan sólo del 28,4% sobre el global y existía un desvío sobre el objetivo marcado del 29,11%. Del conjunto de las energías renovables, tres habían evolucionado de forma satisfactoria: eólica, biocarburantes y biogás, y una había alcanzado objetivos sin estar estos marcados en el Plan (Geotérmica). La minihidráulica avanza más despacio y la biomasa y la solar no avanzan al ritmo requerido para alcanzar los objetivos a 2010.

Si a esto sumamos que el consumo de energía primaria (y la intensidad energética) ha crecido a un ritmo superior al 3% anual, muy por encima de lo marcado en el escenario de ahorro al que asociaron los objetivos, vemos que se necesita una revisión del Plan.

Tabla 1. Objetivos de incremento en el Plan de Fomento de las Energías Renovables y Resultados valorados a finales de 2004 (Fuente: Memoria 2003: Seguimiento y Propuesta de acciones. Elaboración propia)

| | Plan Fomento (1999-2010) | Resultados 1999-2004 | Objetivo para 2004 | % consecución a 2004 |
|--------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | Producción Términos de energía primaria Ktep | | | |
| Áreas Eléctricas | | | | |
| Minihidráulica (≤ 10 MW) | 192 | 64 | 76.8 | -16.67% |
| Hidráulica (10 y 50 MW) | 60 | 7 | 24 | -70.83% |
| Eólica | 1.680 | 1.511 | 672 | 124.85% |
| Biomasa | 5.100 | 469 | 2.040 | -77.01% |
| Biogás | 150 | 186 | 60 | 210.00% |
| Solar Fotovoltaica | 17 | 4 | 6.8 | -41.18% |
| Solar Termoeléctrica | 180 | 0 | 72 | -100.00% |
| Residuos Sólidos Urbanos | 436 | 134 | 174.4 | -23.17% |
| Total Áreas Eléctricas | 7.816 | 2.375 | 3.126.4 | -24.03% |
| Áreas Térmicas | | | | |
| Solar Térmica (Baja T ^o) | 309 | 25 | 123.6 | -79.77% |
| Biomasa | 900 | 69 | 360 | -80.83% |
| Geotermia | 0 | 4 | 0 | 400.00% |
| Total Áreas Térmicas | 1.209 | 98 | 483.6 | -79.74% |
| Biocarburantes (Transporte) | | | | |
| Biocarburantes | 500 | 228 | 200 | 14.00% |
| Total Biocarburantes | 500 | 228 | 200 | 14.00% |
| Total En. Renovables | 9.525 | 2.701 | 3.810 | -29.11% |

III.1.2 Análisis de escenarios

Para tener un modelo adecuado que nos permita vislumbrar una posible evolución futura y así poder establecer y comprobar la realización de unos objetivos acordes con la política energética de acuerdo con las perspectivas de evolución, necesitaremos conocer y tener presente un análisis detallado del consumo de energía, de los factores que inciden en el mismo, así como marcar unos posibles escenarios de evolución.

Para hacer la evaluación previa de los posibles escenarios de evolución de cada tecnología y de su adecuación a los compromisos existentes, principalmente en materia de cobertura de consumo primario y producción eléctrica (12% y 29,4% en 2010, respectivamente), consumo de biocarburantes (5.75% de cobertura en 2010) e impactos ambientales asociados (emisiones de CO₂ evitadas hasta 2010, principalmente), se ha realizado un análisis exhaustivo, área por área, de las posibilidades de desarrollo a lo largo del periodo de ejecución del Plan, en un estudio específico elaborado por el IDAE sobre "Escenarios de Energías Renovables 2005-2010".

Con este objetivo, se establecieron en el mencionado estudio tres escenarios posibles de evolución tecnológica en cada área renovable, caracterizados como se resume a continuación:

- **Escenario Actual.-** Asume pautas de crecimiento en cada una de las áreas renovables que se vienen registrando desde la aprobación del Plan de Fomento. En conjunto resulta totalmente insuficiente para alcanzar los mencionados compromisos.
- **Escenario Probable.-** Considera la evolución más probable de las energías renovables durante los próximos años, de acuerdo con las condiciones de desarrollo actuales y los compromisos adquiridos. Requiere la adopción de medidas específicas para superar las barreras actualmente existentes y supone un importante incremento de la contribución global de las renovables respecto al escenario anterior.
- **Escenario Optimista.-** Considera unos umbrales de crecimiento muy altos, dentro de lo potencialmente alcanzable, para cada una de las áreas renovables hasta el año 2010. Supone la adopción de medidas inmediatas para alcanzar esas altas tasas de incremento y, en conjunto, representa una contribución global aún mayor que la del escenario anterior.

La elección del escenario de tecnologías renovables más adecuado requirió un análisis sectorial pormenorizado y, posteriormente, una evaluación integrada destinada a estimar el impacto en cada caso sobre el conjunto del sistema energético y, con ello, el umbral de cobertura con renovables alcanzado en 2010. Para ello se definieron también en este contexto diferentes posibles escenarios, que quedaron finalmente resumidos a dos escenarios de evolución energética general:

- **Escenario Tendencial.-** Recoge las tendencias económicas y energéticas actuales. Presentando lo que se considera la perspectiva futura más probable sin nuevas actuaciones de política energética. Se corresponde con el escenario tendencial elaborado por la Subdirección General de Planificación Energética para el periodo 2003-2012. En él, se

mantiene un ligero crecimiento de la intensidad energética primaria durante los primeros años y se reduce en los siguientes, para acabar la década con niveles similares a los de 2004.

- **Escenario de Eficiencia.**- Con respecto al escenario anterior, considera las mejoras de eficiencia de los sectores de consumo final que contempla la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4).

El siguiente gráfico muestra la evolución histórica de consumo de energía durante la pasada década y la inducida por cada uno de estos dos escenarios.

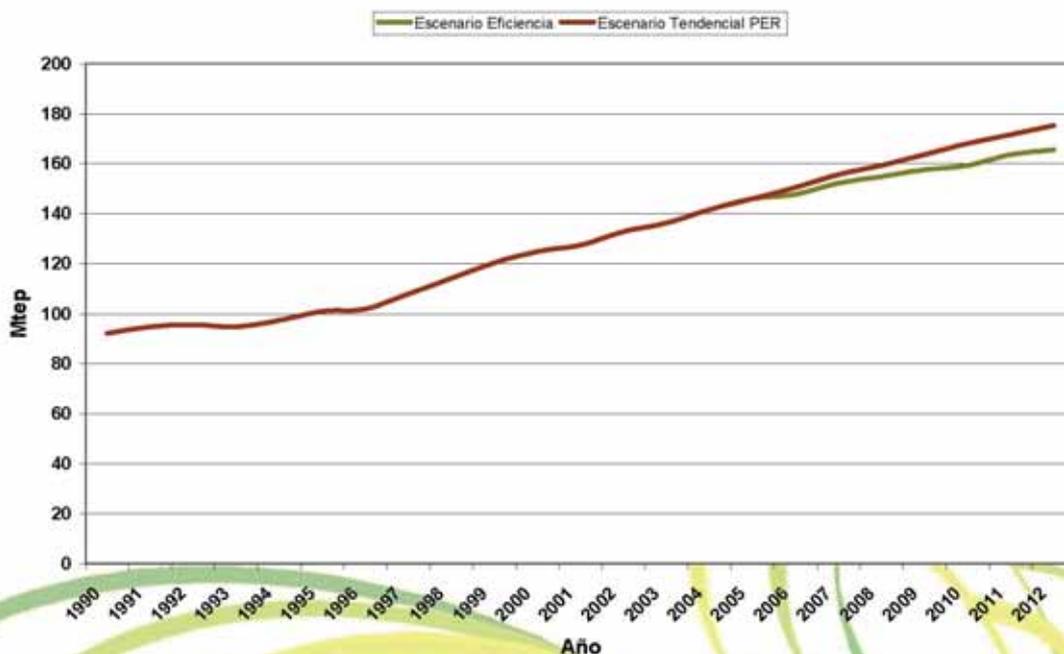


Figura 3. Consumo de Energía Primaria (millones de tep) (Fuente: PER 2005-2010, Elaboración Propia)

Si el escenario deseable de evolución de consumos energéticos puede considerarse más cercano al de eficiencia que es el utilizado para la elaboración del Plan de Energías Renovables y es el escenario de referencia.

En el diseño del PER 2005-2010 utiliza como año base 2004. En la Tabla 2 se recogen los datos reales de potencia y producción con energías renovables en 2004, así como del consumo de energía primaria, elaborados por el IDAE y el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, respectivamente, con la información disponible a julio de 2005.

Para analizar la situación energética, en la Tabla 2 recoge la situación del año 2004, que fue un año caracterizado por la baja disponibilidad de recursos hídricos, y en conjunto supuso un 6,5% del consumo total de energía primaria.

Tabla 2. Producción con Energías Renovables en 2004 (Datos actualizados a marzo de 2005)
(Fuente. IDAE y MITYC)

| | Potencia (MW) | Producción (GWh) | En. Primaria (ktep) |
|--|---------------|------------------|---------------------|
| GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD | | | |
| Hidráulica (>50 MW) | 13.521 | 23.673 | 1.863 |
| Hidráulica (entre 10 y 50 MW) | 2.897 | 5.097 | 438 |
| Hidráulica (< 10 MW) | 1.748 | 4.729 | 407 |
| Biomasa | 344 | 2.193 | 680 |
| R.S.U. | 189 | 1.223 | 395 |
| Eólica | 8.155 | 15.056 | 1.295 |
| Solar fotovoltaica | 37 | 57 | 5 |
| Biogás | 141 | 825 | 267 |
| TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS | 27.032 | 52.852 | 5.350 |
| USOS TÉRMICOS | | | |
| Biomasa | | | 3.487 |
| Biogás | | | 28 |
| Solar térmica baja temperatura (m ²) | 700.805 | | 51 |
| Geotérmica | | | 8 |
| TOTAL ÁREAS TÉRMICAS | | | 3.574 |
| BIOCARBURANTES | | | |
| Biocarburantes (Transporte) | | | 228 |
| TOTAL BIOCARBURANTES | | | 228 |
| TOTAL ENERGÍAS RENOVABLES | | | 9.152 |
| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (ktep) | | | 141.567 |
| ENERGÍAS RENOVABLES/ENERGÍA PRIMARIA (%) | | | 6,5% |

Para estimar una visión de futuro aconseja el empleo de valores medios, que afectan básicamente a la producción (tanto de electricidad, en GWh, como en términos de energía primaria, en ktep) de las áreas hidráulica, eólica y fotovoltaica. Es por esto que para comparar escenarios y para la planificación se considera la producción teórica correspondiente a un año medio, calculada a partir de potencias reales existentes en cada área, y no a la producción real. Así conseguimos eliminar el sesgo que introducen los datos anómalos de disponibilidad de recursos hídricos, eólicos o solares, en el año de referencia y en las planificaciones sucesivas. De esta forma es por la que se calculan y estiman los impactos en términos de primaria asociada a cada escenario.

En la Tabla 3 existe un resumen según los escenarios antes descritos. Según estos datos, con el escenario que ha sido seleccionado desde el principio (el escenario Tendencial), el desarrollo de energías renovables correspondiente al Escenario Probable, tan sólo alcanza algo más del 12% de cobertura. Si comparamos el escenario de menor desarrollo (Escenario Actual), los resultados obtenidos se quedan muy por debajo de lo esperado (en torno al 7%) y el Escenario Optimista lo supera y se coloca un poco por encima del 15%.

Tabla 3. Síntesis de Escenarios Energéticos y Escenarios de energías Renovables (Fuente: PER 2005-2010)

| | Producción en Términos de Energía Primaria (ktep) | | | |
|-------------------------------|---|--------------------------|---------------|---------------|
| | 2004 | 2010 | | |
| | | Esc. Energías Renovables | | |
| | | Actual | Probable | Optimista |
| Total áreas eléctricas | 5.973 | 7.846 | 13.574 | 17.816 |
| Total áreas térmicas | 3.538 | 3.676 | 4.445 | 5.502 |
| Total biocarburantes | 228 | 528 | 2.200 | 2.528 |
| TOTAL ENERGÍAS RENOVAB | 9.739 | 12.050 | 20.220 | 25.846 |

Escenario energético: TENDENCIAL

| | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Consumo En. Primaria (ktep) | 141.567 | 166.900 | 167.100 | 167.350 |
| Ener Renov / Ener Primaria (%) | 6.9% | 7.2% | 12.1% | 15.4% |

Escenario energético: EFICIENCIA

| | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Consumo En. Primaria (ktep) | 141.567 | 159.807 | 160.007 | 160.257 |
| Ener Renov / Ener Primaria (%) | 6.9% | 7.5% | 12.6% | 16.1% |

Respecto al **objetivo de generación** establecido en el 29,4% para el 2010, con el Escenario Probable se consigue, puesto que la producción eléctrica con estas fuentes se sitúa en el 30,3% del consumo bruto de la electricidad en 2010.

Respecto a los **biocarburantes**, el correspondiente al Escenario Probable (2,2 millones de tep en 2010), representaría un 5,83% del consumo de carburantes (gasolina y gasóleo) previsto para el transporte, ligeramente por encima del objetivo indicativo señalado en la Directiva sobre el uso de biocarburantes (5,75% en 2010).

Si analizamos los objetivos planteados a nuestro país mediante el Protocolo de Kyoto (Tabla 4), respecto a la reducción de Gases de Efecto Invernadero, y en particular para la emisión de CO₂ para cada uno de estos escenarios, y comparamos los resultados de emisión respecto a una central de ciclo combinado a gas natural (con un rendimiento el 54%).

Tabla 4. Emisiones de CO₂ evitadas frente a una Central de Ciclo Combinado a Gas Natural en el año 2010 por el incremento de fuentes renovables entre 2005 y 2010 (Fuente PER 2005-2010)

| | Escenarios Energías Renovables (2010) en t CO ₂ /año | | |
|--|--|--------------------|--------------------|
| | Actual | Probable | Optimista |
| Total áreas eléctricas | 5.392.257 | 18.650.981 | 26.889.788 |
| Total áreas térmicas | 413.132 | 2.785.036 | 6.018.515 |
| Total biocarburantes | 891.368 | 5.905.270 | 6.883.612 |
| TOTAL ENERGÍAS RENOVAB | 6.696.368 | 27.341.287 | 39.791.515 |
| Ahorro en € por emisiones en el año 2010 (20 € t de CO₂) | 133.927.360 | 546.825.740 | 795.830.300 |

De este análisis podemos observar que con el escenario Probable se ahorran algo más de 27 millones de toneladas de CO₂ frente a menos de 7 en el Escenario Actual y a casi 40 en el optimista.

III.1.3 La población

Además del análisis de escenarios, consideramos que deberemos analizar los escenarios de evolución de la población y de su demanda energética, además de considerar el desarrollo de distintas tecnologías.

Partiremos de escenarios ya desarrollados por otros organismos, y con datos del INE (Instituto Nacional de Estadística) e intentaremos proyectar el escenario al año 2050.

Comenzaremos con un análisis genérico de España. Según el INE, la población en 2003 era de 39.731.441 habitantes. Si realizamos un análisis del crecimiento poblacional (Figura 4) se puede observar tasas de crecimiento bajas e incluso negativas en bastantes provincias, siendo la tendencia de los últimos 25 años de una reducción progresiva en las tasas de crecimiento anual en todas las Comunidades Autónomas.

El INE ha previsto tres escenarios de evolución de la población, teniendo como año de referencia el 2050 (Figura 5). En todos los escenarios, para el año 2050 se prevé que la población ya esté en decrecimiento. El escenario de evolución que el INE considera más probable es el Escenario 1, que para el año de referencia prevé una población similar a la actual. Los valores para estos escenarios son:

- Escenario 1: 41,2 millones de personas
- Escenario 2: 34,6 millones de personas
- Escenario 3: 46 millones de personas

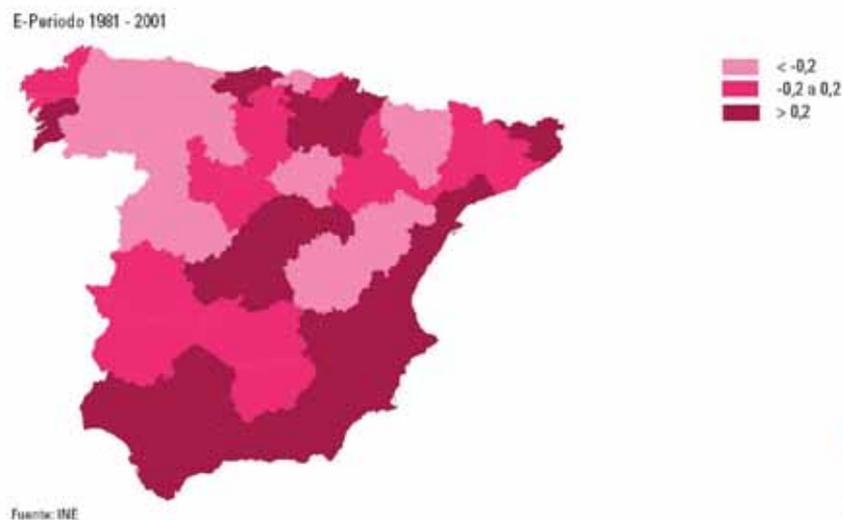


Figura 4. Tasa de crecimiento de la población por provincias en el periodo 1981-2001 (Fuente: INE, 2004)

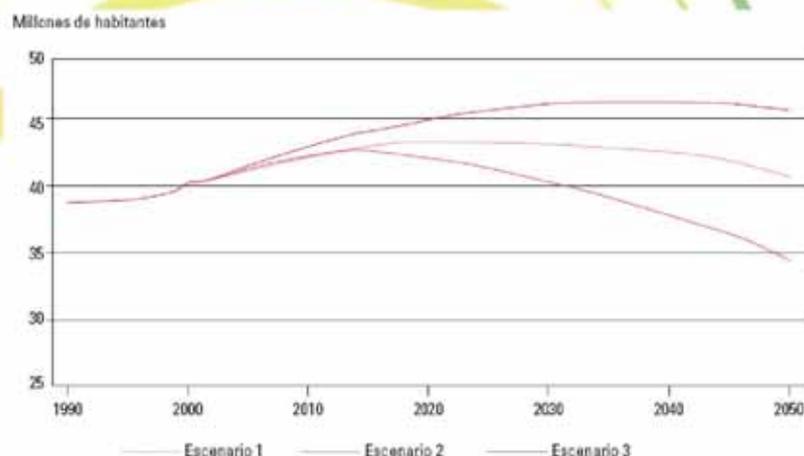


Figura 5. Evolución y Proyección de la población de España según distintos escenarios (Fuente: INE, 2004)

En cuanto al reparto por Comunidades Autónomas, en las estadísticas del INE nos dan los datos de proyecciones de crecimiento de población por provincias hasta el 2005 (Figura 6 y Figura 7).

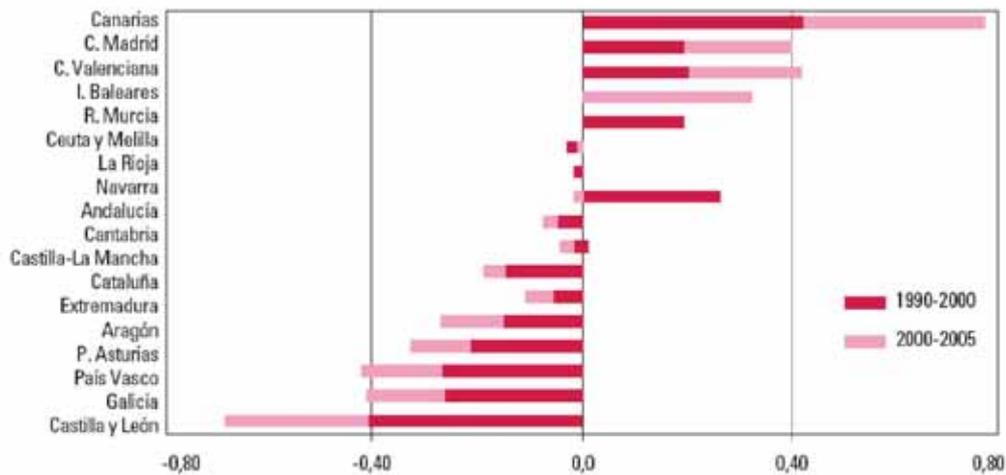


Figura 6. Evolución y proyección del cambio de porcentaje que representa cada Comunidad Autónoma en el conjunto de España (Fuente: INE)



Figura 7. Crecimiento medio anual por provincias (2000-2005). Habitantes/100-año (Fuente: INE)

Para el año 2050 se prevé una migración hacia las zonas costeras y hacia el centro, que llevaría a una distribución diferente a la actual, pero por otro lado, se podría esperar en este periodo de tiempo una cierta redistribución de la población por todo el territorio al surgir por un lado mayores posibilidades de empleo descentralizado, y al buscar una mayor calidad de vida que la existente en las grandes urbes.

Total = 38.320.000 habitantes. Porcentaje habitantes por provincia en 2050.



Figura 8. Población Peninsular 2050 (Fuente: España en cifras 2003-2004 INE, Renovables 2050 – Greenpeace–)

III.1.4 La demanda de energía

El desarrollo de la sociedad humana está basado en el consumo de grandes cantidades de energía. La energía que circula por los ecosistemas y permite vivir a los seres vivos procede en última instancia del sol. Sin embargo, a pesar del desarrollo científico y tecnológico, todavía no hemos aprendido a aprovechar eficazmente esta fuente inagotable y, por ello, la mayor parte de la energía que utilizamos procede de fuentes de energía no renovables.

Estas fuentes de energía no renovables son aquellas cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración, lo que, consecuentemente, puede provocar su agotamiento. Éste es el caso de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y de los minerales. Durante muchos años hemos utilizado recursos no renovables como fuentes de energía. Hoy día se estima que, de seguir un ritmo de consumo similar al actual, las reservas de combustibles fósiles se agotarán en un plazo de entre 50 y 100 años.

Por el contrario los recursos naturales renovables son aquellos que, tras ser utilizados, pueden regenerarse natural o artificialmente, como el agua o los

alimentos. Son recursos que, al estar sometidos a ciclos, se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

En la era contemporánea la necesidad de disponer de fuentes de energía aprovechables se ha convertido en algo imprescindible para el ser humano. Basta pensar en el consumo energético que una persona común realiza al día para darse cuenta de la dependencia existente.

Muchos de los problemas medioambientales tienen solución a través de tratamientos finales de proceso o se pueden combatir con modificaciones de la tecnología actual (por ejemplo: disminución de las emisiones de SO_2 o la eliminación de plomo en gasolina). De los seis gases de efecto invernadero, el dióxido de carbono representa por sí solo las tres cuartas partes del total, y más del 90% de aquél es de origen energético. De acuerdo a los estudios realizados, la mayor fuente de emisión de CO_2 se encuentra en la combustión de fósiles combustibles. En la actualidad no existe ninguna tecnología viable capaz de absorber las emisiones que son inherentes a la utilización de combustibles fósiles. Por lo tanto, la única forma actual es a través de la modificación de estructuras, procesos, equipos y comportamientos relacionados con la utilización de la energía.

A la vista de estos inconvenientes, los distintos gobiernos del mundo han puesto en marcha, a partir de la crisis petrolífera de 1973, diversos proyectos de investigación sobre otras fuentes de energía que puedan resultar rentables cuando el coste de las fuentes tradicionales aumente. Estas nuevas energías son las denominadas alternativas.

Son fuentes de obtención de energías sin destrucción del medio ambiente, renovables, que han sido investigadas y desarrolladas con distintas intensidades en las últimas décadas. Algunas de ellas son:

- Eólica: producida por el movimiento del viento.
- Solar: utiliza la radiación solar.
- Geotérmica: uso del agua que surge bajo presión desde el subsuelo.
- Biomasa: utiliza la descomposición de residuos orgánicos.

Existe una correlación entre la demanda eléctrica y la población. Esta correlación dependerá de la cantidad y de la distribución por edades, del número de viviendas (debido a la modificación de la pirámide de población y los cambios de los modos de vida se espera un aumento de viviendas por número de habitante), de la economía del país, de la tecnología disponible, y de la saturación de los distintos conceptos de consumo eléctrico.

Las previsiones nacionales de la evolución de la demanda eléctrica sólo llegan a 2011 (Ministerio de Economía, 2002 - Figura 9). No obstante, la asociación ecologista Greenpeace ha elaborado un escenario de demanda eléctrica para el año 2030, a partir de información obtenida en Eurostat. En la Figura 10 mostramos la evolución histórica de la producción eléctrica en bornes de central, y de la demanda eléctrica en España, Alemania y el Reino Unido. El crecimiento en España ha sido, en la década pasada, considerablemente superior al de Alemania y Reino Unido, y en el año 2002 tiende a los valores que había en esos otros países 10 años antes. Por otro lado, el lento crecimiento de la demanda per cápita en Alemania y Reino Unido (especialmente en el primero) parece tender a estabilizarse entorno a los 17 kW.h/hab-día (algo inferior para el Reino Unido).

El Ministerio de Economía proporciona un escenario de evolución de la demanda eléctrica en España hasta el 2011. Este escenario considera la evolución esperada de la población así como su estructura. Para el 2011 se espera, debido a la inmigración, un importante incremento de la población en edad productiva.

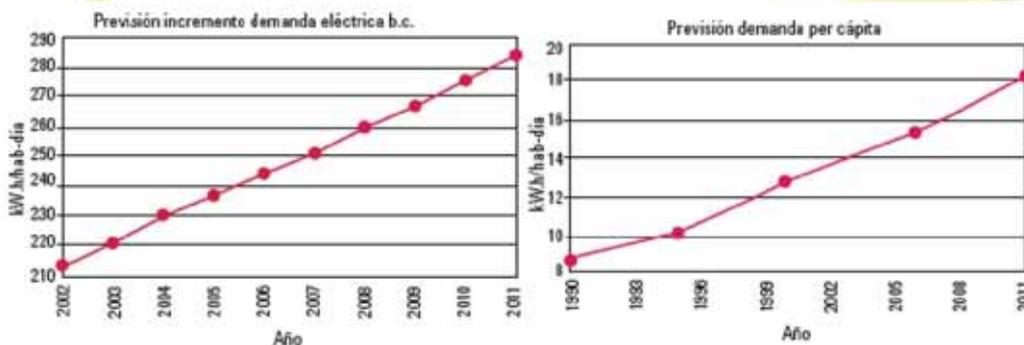


Figura 9. Evolución de la demanda eléctrica peninsular y del consumo eléctrico per cápita (Fuente: MINECO -2002 y Renovables 2050 –Greenpeace–)

En este escenario se prevé que el mayor consumo de energía se producirá de energía eléctrica. Esto se debe al aumento de la demanda en el sector servicios, en el aumento de número de hogares y de su equipamiento, y en el aumento de la capacidad de consumo eléctrico de la industria.

Como vemos, según este escenario, nos sitúa ya en 2011 con un consumo eléctrico per cápita de 18,21 kW.h/hab-día. Según el gráfico anterior se ve que el consumo per cápita va en aumento y sin apariencia de tender a la estabilización. Si se continuase con este crecimiento de casi en un 3% anual hasta el año 2050, nos situaríamos con un consumo eléctrico per cápita del orden de 60 kW.h/hab-día, a todas luces excesivo por saturarse mucho antes las aplicaciones de consumo eléctrico como ha ocurrido en otros países de nuestro entorno con un mayor desarrollo industrial.

En la Figura 10 se presenta otro escenario de tendencias energéticas y de transporte en la Unión Europea (UE-15, UE-25 y UE-30). Estos escenarios desarrollados por la Universidad Nacional Técnica de Atenas bajo contrato de la UE han empleado diversas herramientas de modelado (PRIMES, ACE) para establecer un escenario base sobre el que poder juzgar la necesidad y evaluar el efecto de distintas medidas políticas para afrontar correctamente los retos medioambientales (cambio climático) y de dependencia energética del modelo de desarrollo a nivel UE desde el punto de vista del contexto mundial.

Este escenario está basado en **hipótesis muy conservadoras**, entre las que figura un elevado incremento de la demanda energética y una limitada penetración de las energías renovables. El escenario pretende reflejar el efecto de las medidas actualmente en vigor para afrontar la sostenibilidad de nuestro modelo de desarrollo, y una de sus claras conclusiones es la necesidad de introducir medidas políticas adicionales con el fin de afrontar claramente los retos del cambio climático y la seguridad de suministro energético.

En el marco de este escenario, en la UE-15 las renovables alcanzan una contribución en el 2030 del 9% (frente al 6% del 2000), la energía solar sigue con una contribución marginal en el 2030, las renovables no consiguen alcanzar el objetivo del 22% de la electricidad en el 2010, la dependencia

energética total asciende desde el 50% en el 2000 al 68% en el 2030, la dependencia del petróleo pasa del 75% en el 2000 al 90% en el 2030, la dependencia del gas natural pasa del 45% en el 2000 al 80% en el 2030, y la del carbón del 50% en el 2000 al 80% en el 2030, y las emisiones de CO₂ exceden las de 1990 en un 4% para el 2010 y en un 19% para el 2030. Es decir, el escenario a 2030 de (EU, 2003) es un escenario que reproduce los efectos de la situación actual, pero del que deberíamos apartarnos si realmente queremos encauzar nuestro modelo de desarrollo hacia la sostenibilidad.

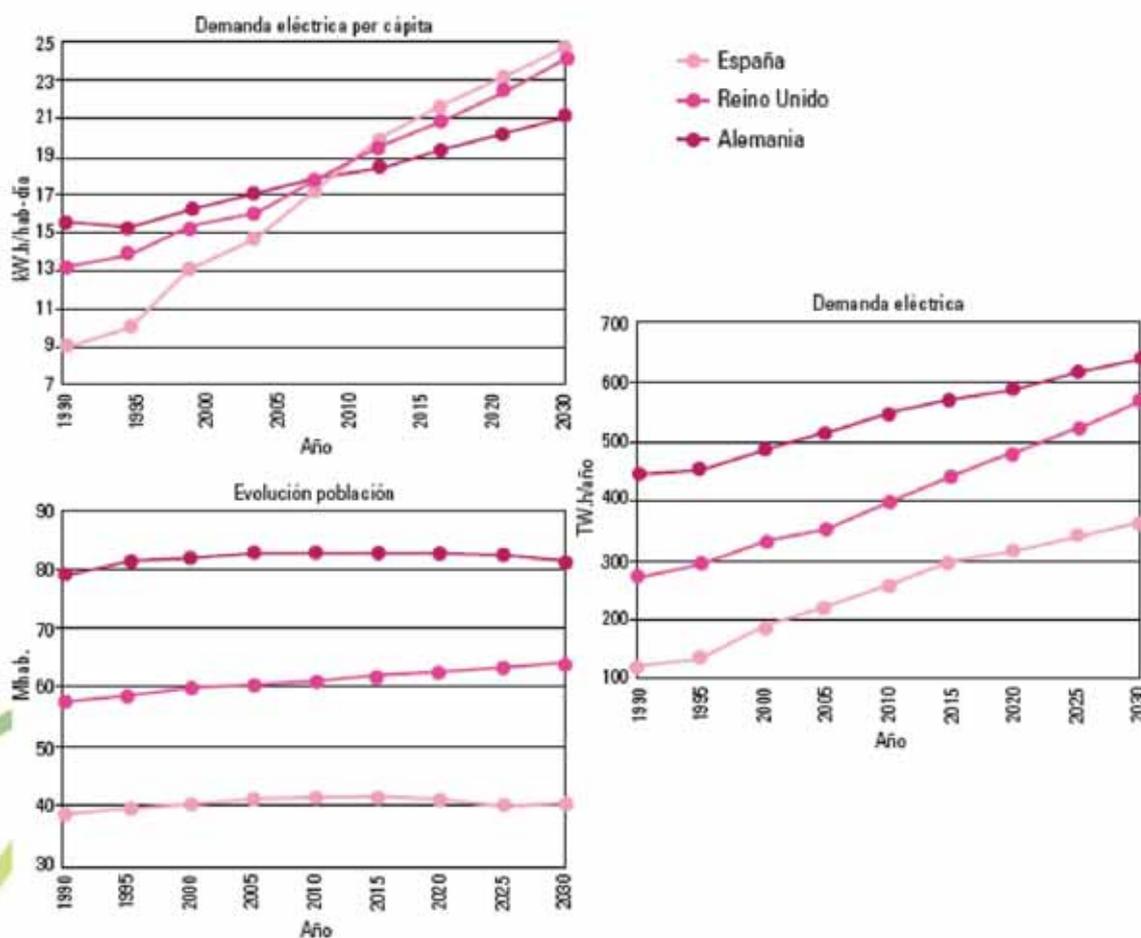


Figura 10. Escenario de evolución de la población y la demanda eléctrica hasta el 2030 en España, Alemania y Reino Unido (EU – 2003, y Renovables 2050 –Greenpeace–)

En este sentido, las previsiones de este escenario, cuya fecha 2030 coincide además con el pico de población española según (INE, 2004), y debería actuar como cotas superiores del escenario energético.

En la Figura 10 se representa el escenario hasta 2030 previsto para España, Alemania y Reino Unido, tanto en evolución de la población, como en demanda eléctrica total, como en demanda eléctrica per cápita. Como podemos ver, en este escenario conservador la demanda eléctrica en Alemania para el 2030 es la menor, y del orden de 21,1 kW.h/hab-día considerablemente superior al valor de estabilización que intuíamos de la evolución histórica. En España, la demanda eléctrica per cápita en el 2030 pasa a ser la superior de los tres países con 24,6 kW.h/hab-día. En ninguno de los tres países se muestra una clara tendencia a la estabilización de la demanda eléctrica per cápita dentro del marco de este escenario.

En la Figura 11 se presentan otros escenarios de evolución histórica y escenarios para el año 2020 España, Reino Unido y Dinamarca. Como vemos, en estos escenarios la demanda tampoco parece estabilizarse en el 2020, y una vez más, en España es superior, alcanzando valores de 23,5 kW.h/hab-día mientras en Dinamarca y Reino Unido se alcanzan valores de 19,9 kW.h/hab-día y 21,8 kW.h/hab-día respectivamente.

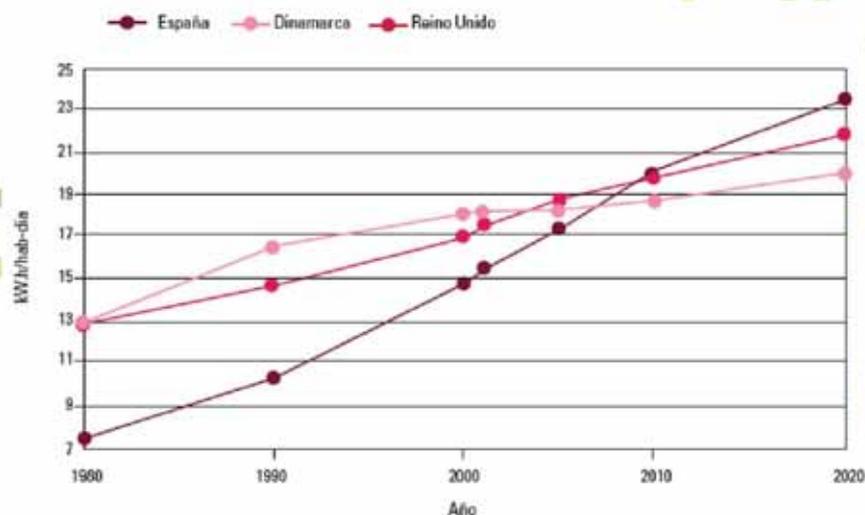


Figura 11. Escenarios de demanda eléctrica según (Eurelectric, 2003 y Renovables 2050 – Greenpeace–)

En la Figura 12 se presentan resultados de dos de los escenarios del IPCC, los únicos con previsión de la demanda eléctrica son los escenarios del IPCC (IPCC-WGIII, 2000), pero están agregados a nivel mundial. Como vemos, la demanda eléctrica per cápita a nivel mundial en el 2050 está entre 24,1

kW.h/hab-día y 27,2 kW.h/hab-día. A la luz de todo lo anterior, la demanda eléctrica peninsular per cápita en el año 2050 puede encontrarse en el abanico de 20-30 kW.h/hab-día.

Por otro lado, en este planeamiento se incorpora de forma aproximada el uso de energías renovables en origen (a excepción de la fotovoltaica en tejados solares) descontando de la demanda real de electricidad aquella satisfecha mediante energías renovables en origen. En concreto, las reducciones a incorporar son las siguientes:

- 80% de cobertura de la demanda de ACS eléctrica con energía solar térmica de baja temperatura y calderas domésticas de biomasa.
- 80% de cobertura de la demanda de calefacción eléctrica con el uso de arquitectura bioclimática, energía solar térmica de baja temperatura, calderas domésticas de biomasa y mejora aislamiento edificios.
- 60% de la cobertura de la demanda de refrigeración eléctrica mediante energía solar térmica de baja temperatura con máquinas de absorción, y mediante estrategias bioclimáticas.

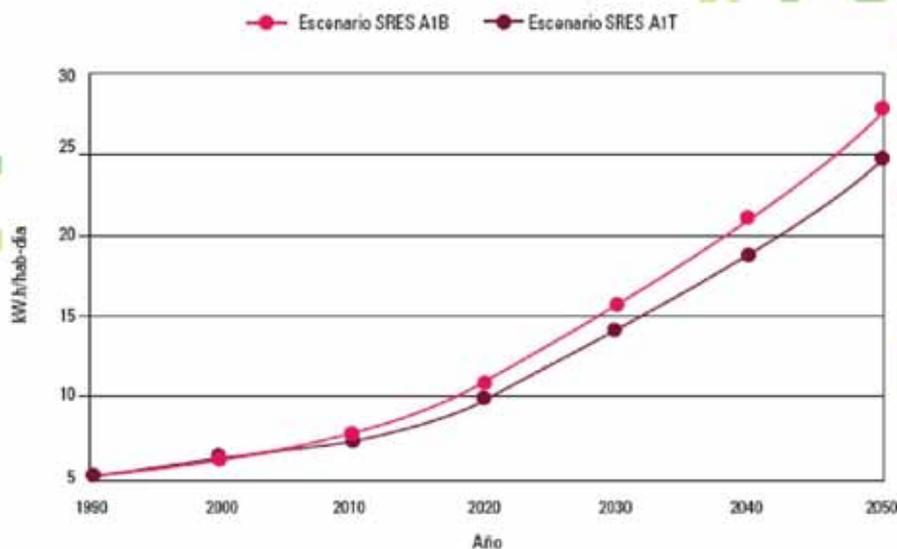


Figura 12. Escenarios de demanda eléctrica a nivel mundial (IPPC, 2000 y Renovables 2050 – Greenpeace–)

Estos aportes renovables se realizan sobre la demanda de los sectores residencial y terciario. En la Figura 13 se pueden ver los escenarios de

demanda eléctrica total, demanda residencial total y demanda terciario total para el 2030, extrapolándolos para el año 2050, con lo que las demandas per cápita son de 28,40 kW.h/hab-día para eléctrica total, 17,14 kW.h/hab-día para residencial total y 12,98 kW.h/hab-día para terciario total.

El reparto de consumos de los sectores doméstico y terciario en 2000 (MINECO, 2003) es el que se puede apreciar en la Figura 14. Los valores para el sector doméstico son sólo para el equipamiento fijo, mientras que los del sector terciario incluyen todo el equipamiento. En el sector doméstico no figura contribución alguna de la refrigeración, que posteriormente en el documento sectorial de equipamiento residencial y ofimática cuantifica como un 0,8% en el año 2000, un 1,9% en el 2006 y un 2,3% en el año 2012, siendo estos porcentajes sobre el equipamiento (electrodomésticos, cocina, ofimática y aire acondicionado), por lo que si añadimos las instalaciones fijas (calefacción, ACS e iluminación) los porcentajes son todavía mucho más bajos. Esta escasa previsión de demanda energética para refrigeración contrasta con la creciente internalización de la demanda de confort en la temporada de refrigeración.

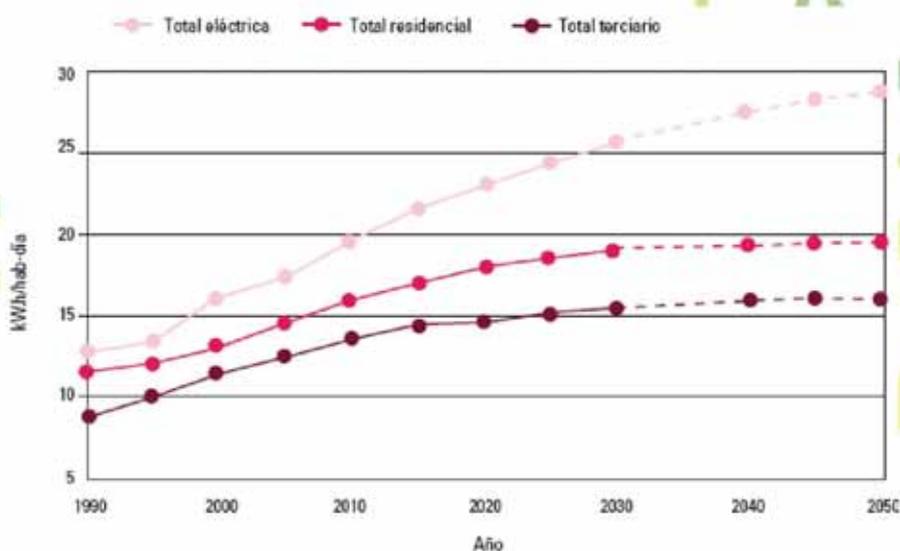


Figura 13. Escenario de evolución de demandas eléctrica total, residencial total y terciario total hasta el 2030 (EU, 2003), extrapolado hasta el 2050 (Fuente: UE – 2003, Renovables 2050 – Greenpeace–)

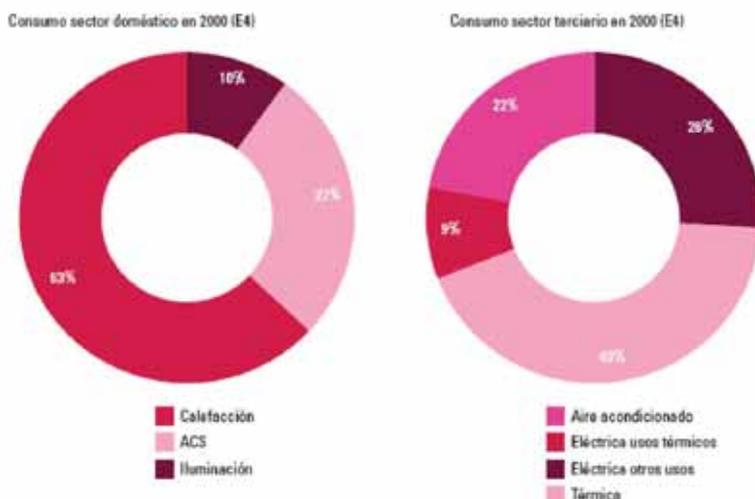


Figura 14. Reparto de consumos en sectores doméstico y terciario según (MINECO, 2003) para el año 2000 (Fuente: Renovables 2050 –Greenpeace–)

Respecto al sector terciario, asumiendo como correctos los porcentajes de reparto de MINECO (2003) para el año 2000, si bien es de esperar que la demanda energética para refrigeración también crezca en su peso relativo, la reducción del 80% en la parte eléctrica de calefacción y ACS significa unos 0,94 kW.h/hab-día, mientras que la reducción del 60% en refrigeración significa 2,29 kW.h/hab-día. En el sector doméstico, y asumiendo el reparto porcentual de consumos asumido para el 2050, junto al reparto de fuentes energéticas para calefacción y ACS indicada en MINECO (2003), que viene a ser un 25% eléctrico frente a un 75% con combustibles fósiles, la reducción del 80% en la parte eléctrica de demanda de calefacción y ACS conduce a una reducción de 2,19 kW.h/hab-día, mientras que la reducción del 60% en el aire acondicionado significa 2,98 kW.h/hab-día. Por tanto, de los 28,4 KW.h/hab-día de consumo eléctrico per cápita para el año 2050 según la proyección de este escenario (bastante conservador), la demanda eléctrica efectiva una vez descontadas las reducciones en origen anteriormente comentadas sería de 20 kW.h/hab-día. Hay que resaltar el carácter conservador del escenario de demanda eléctrica para el 2050, y el potencial de otras actuaciones de ahorro, eficiencia y gestión de la demanda, pueden conducir a una demanda eléctrica efectiva en el 2050 significativamente inferior a la considerada.

Si consideramos como hipótesis un valor del consumo eléctrico medio peninsular per cápita efectivo (descontadas las contribuciones renovables en origen) en el año 2050 de 20 kW.h/hab-día, que junto a la población peninsular prevista para este año (38,32 Mhab), nos conducen a una demanda eléctrica peninsular en el 2050 de 280 TW.h/año.

Otra cuestión relevante es la **distribución espacial** de este consumo eléctrico en la geografía nacional. En la Figura 15 se muestra la demanda eléctrica per cápita en las distintas Comunidades Autónomas en el año 2003, elaborado a partir de los datos de (REE, 2004) y (INE, 2004). La media peninsular de 15,46 kW.h/hab-día se reparte de forma poco uniforme entre las distintas Comunidades Autónomas, según el reparto de población y de los puntos de consumo eléctrico no domésticos en las distintas Comunidades Autónomas.

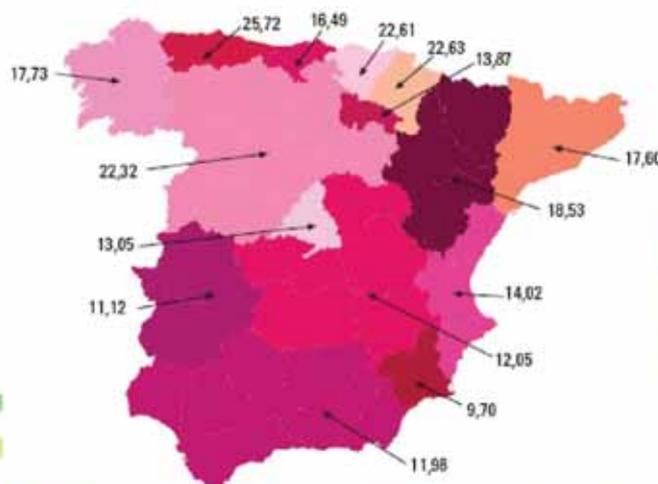


Figura 15. Reparto por Comunidades Autónomas de la demanda eléctrica peninsular per cápita en el año 2003. Datos de (REE, 2004) y (INE, 2004) (Fuente: Renovables 2050 –Greenpeace–)

Dada la falta de escenarios de cómo se van a modificar el reparto de la población y demanda eléctrica per cápita entre las distintas CCAA, asumiremos que tanto el reparto porcentual de la población por CCAA como el ratio entre la demanda eléctrica per cápita de cada Comunidad y la media nacional son las mismas en el 2050 que en el 2003. A nivel provincial todavía tenemos más incertidumbre por la falta de datos. Vamos a asumir que todas las provincias de una Comunidad mantienen la misma demanda eléctrica per cápita, con lo que

el reparto de la demanda peninsular para el 2050 entre las distintas provincias queda como se indica en la Figura 16.



Figura 16. Reparto porcentual por provincias de la demanda eléctrica peninsular en el año 2050 (Fuente: Renovables 2050 –Greenpeace–)

Por las características del sector eléctrico cabe esperar que en él la introducción de las tecnologías renovables sea más rápida que en otros sectores, lo cual, a su vez, actuará de incentivo para un crecimiento más acelerado de las renovables en otros sectores.

En la Figura 17 se presentan dos escenarios de demanda de energía primaria para 2050, basados en criterios de sostenibilidad, que conducen a una estabilización de las emisiones de CO₂ por debajo de 550 ppm. Estos dos escenarios conducen a valores de 72-103 kW.h/hab-día. La considerable diferencia entre los resultados de estos dos escenarios, ambos enfocados por consideraciones de sostenibilidad, constituye una clara indicación de la elevada incertidumbre asociada a la demanda de energía total para el 2050, ocasionada principalmente por los importantes cambios que puede experimentar nuestra sociedad en este periodo.

En la Tabla 5 se muestran tres escenarios a nivel mundial para el 2050. En todos ellos se baraja una población de 10.100 Mhab. En dicha tabla se muestran las demandas de energía primaria y final per cápita procesadas a partir de estos escenarios.

III. La Biomasa

Tabla 5. Demandas de energía primaria y final per cápita procesadas a partir de los escenarios (WEC, 2003 – Fuente: Greenpeace)

| | Escenario A | Escenario B | Escenario C |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Energía Primaria (kW.h/hab-día) | 78,87 | 3,10 | 44,17 |
| Energía Final (kW.h/hab-día) | 53,63 | 44,17 | 31,55 |

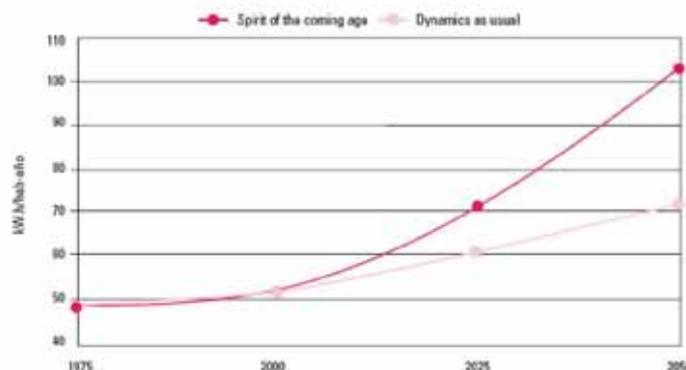


Figura 17. Dos escenarios de demanda de energía primaria a nivel mundial, con criterios de sostenibilidad y permitiendo evolucionar hacia una estabilización de las emisiones de CO₂ por debajo de 550 ppm (Shell International, 2001)

En la Figura 18 se muestran otros escenarios del IPCC para el 2050. En estos escenarios, la población mundial pasa a ser de 8.704 Mhab, y los consumos per cápita en el 2050 pasan a ser significativamente superiores a los de la referencia anterior: 106-122 kW.h/hab-día para la demanda de energía primaria y 78-88 kW.h/hab-día para la demanda de energía final.

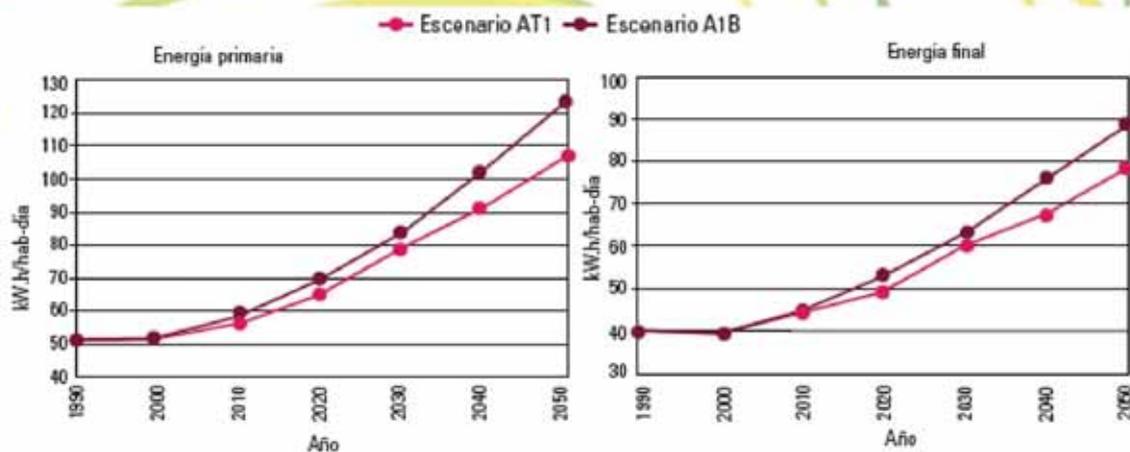


Figura 18. Evolución de la demanda mundial de energía primaria y final hasta el 2050 según dos escenarios del IPCC (IEA, 2003)

En la Figura 19 se presentan escenarios de los diversos países de la UE hasta el 2030. El escenario para España nos conduce a una demanda de energía primaria y final en el 2030 de 141 kW.h/hab-día y 99 kW.h/hab-día respectivamente. En dicha Figura se muestra la evolución de las demandas per cápita de energía primaria y final que este escenario elabora hasta 2030. En trazo discontinuo existe una extrapolación de las mismas hasta el 2050 siguiendo las tendencias indicadas, lo cual nos conduce a unas demandas de energía primaria y final para el 2050 de 161 kW.h/hab-día y 109 kW.h/hab-día respectivamente.

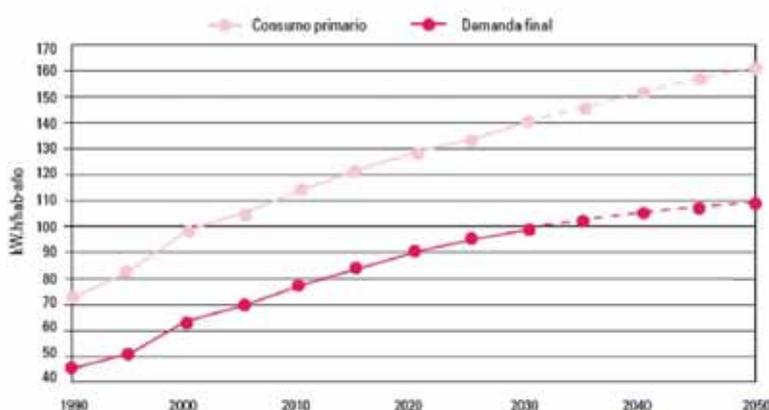


Figura 19. Escenario de evolución de la demanda de energía primaria y final en España para el 2030 (EC, enero 2003). (Fuente: Greenpeace)

Desde el punto de vista de la demanda energética, la comparación de la capacidad de generación eléctrica con tecnologías renovables con la demanda energética, el parámetro relevante es la demanda de energía final, pues al satisfacer con electricidad de origen renovable dicha demanda energética ya se obvia la ineficiencia energética asociada a la conversión de la energía primaria en final. Por tanto, podemos decir que para 2050 de demanda de energía total los **109 kW.h/hab-día**, que teniendo en cuenta la población peninsular proyectada para esa fecha (38,32 Mhab) conduce a una **demanda de energía final total de 1.525 TW.h/año**.

III.1.5 Sistema de generación y transporte

En la Figura 20 se muestra la distribución de la potencia total instalada en el año 2003 en España, así como la producción eléctrica asociada. Estos valores

incluyen una potencia instalada para bombeo puro de 2.569 MW con un consumo eléctrico asociado de 4.678 GW.h.

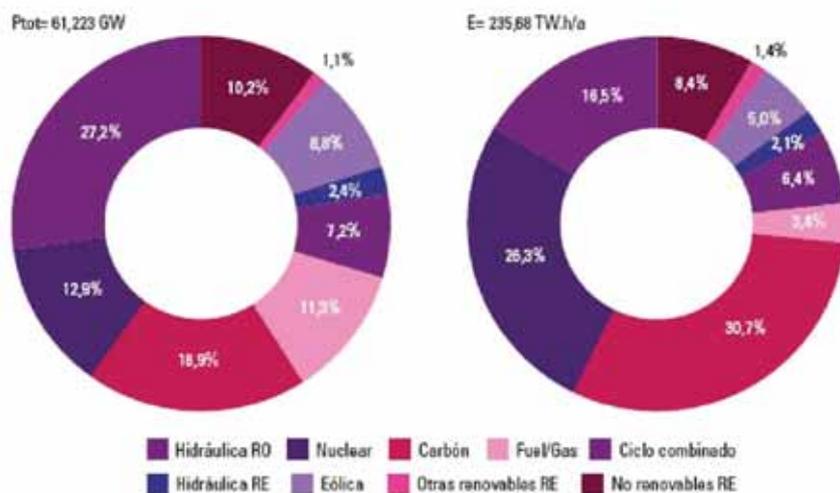


Figura 20. Potencia y generación eléctrica en el año 2003 según tecnologías (REE, 2003). Los valores presentados incluyen el bombeo (Fuente: Greenpeace)

El sistema eléctrico actual está configurado para acoplar la distribución espacial de la capacidad generadora y la demanda existentes, contando con una gran capacidad de regulación sobre una generación poco distribuida constituida por centrales de elevado factor de capacidad. La configuración de la red de transporte ha ido evolucionando para evacuar una generación centralizada muy localizada en ciertas zonas del territorio peninsular hacia los puntos de consumo. Esta configuración del sistema de generación y transporte no está exenta de problemas: cuando han ido surgiendo demandas importantes en puntos alejados de los centros de generación (como las puntas de demanda en el levante asociadas a la carga de los equipos de refrigeración en verano), con la rígida estructura geográfica del sistema de generación la red de transporte introduce limitaciones a la capacidad de evacuar esa generación hacia los puntos de consumo. La solución a estos problemas en el marco del sistema actual pasa por lo general por introducir nuevas centrales de ciclo combinado más próximas a los puntos de consumo.

Al plantarse la viabilidad técnica de un sistema de generación completamente distinto al actual, con una elevada contribución de energías renovables, caracterizadas por una descentralización muy superior, y alimentadas por un

recurso energético en muchos casos no controlable, resulta evidente que puede resentirse la calidad del servicio.

Por un lado, para poder regular la generación y acoplarla a la demanda, será necesario disponer de una capacidad de generación muy superior a la actual, consecuencia por un lado de emplear centrales con menor factor de capacidad, y por otro de tener que regular la generación mediante la reducción del factor de capacidad (disipando capacidad de generación).

Respecto a la principal infraestructura, la red de transporte eléctrico, evidentemente no ha sido pensada para un sistema de generación basado en tecnologías renovables, y por tanto es de esperar que introduzca importantes limitaciones técnicas sobre el mismo. Tanto la capacidad de transporte de las distintas líneas como su distribución espacial por el territorio pueden resultar problemáticas para integrar una gran contribución de las energías renovables.

En algunos aspectos, como el hecho de que en el sur y levante, con déficit de generación en la actualidad, haya buenos recursos renovables, puede resultar ventajosa la integración de algunas centrales renovables en estas regiones. Pero al pretender una gran contribución de las energías renovables, con una distribución mucho más descentralizada de la capacidad de generación por el territorio peninsular, cabe esperar que la red de transporte actual introduzca grandes limitaciones. La red de transporte no cubre gran parte del territorio nacional, y por tanto áreas con importantes recursos de energías renovables (solares y eólicos) no están cubiertos por la red, y por tanto el potencial de generación renovable se va a ver limitado por la capacidad de evacuación de la red de transporte.

III.2 La biomasa

III.2.1 Concepto de biomasa

El término biomasa, desde el punto de vista energético, incluye toda la materia viva, o cuyo origen sea la materia viva que existe en un instante de tiempo en la Tierra que, por cualquier causa, inclusive de mercado, no son utilizables para alimentación humana y ni de los animales que viven en los ecosistemas

naturales, y que no han sufrido cambios profundos en su composición, tales como los que han tenido lugar durante los procesos de mineralización ocurridos en la formación del carbón y del petróleo. La consideración de que no sean utilizables para la "alimentación" no es otro que para no crear tensiones sobre la desviación de productos con potencial alimentario a usos energéticos, y con ello contribuyendo al aumento del hambre en el mundo. No obstante, es por todos conocido, que la "biomasa alimentaria" es técnicamente viable su uso con fines energéticos. Todos estos materiales son potencialmente utilizables para la producción de energía. Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego.

Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía, transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuáles son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termoquímico y el bioquímico.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente.

En economías de orientación agrícola, el uso apropiado de la biomasa ofrece una alternativa para reducir los costos de operación por concepto de insumos

energéticos; además, es una solución para los problemas higiénico-ambientales que, en muchos casos, presentan los desechos orgánicos.

Las denominadas "granjas energéticas" pueden suplir un porcentaje significativo de los requerimientos energéticos mundiales y, al mismo tiempo, revitalizar las economías rurales, proveyendo energía en forma independiente y segura y logrando importantes beneficios ambientales. Las comunidades rurales pueden ser, entonces, energéticamente auto suficientes en un alto grado, a partir del uso racional de los residuos y administrando inteligentemente la biomasa disponible en la localidad.

Actualmente, los procesos modernos de conversión solamente suplen 3% del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. Esta suple, aproximadamente, 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y alcanza un 14% del total de la energía consumida en el nivel mundial.

Los materiales biomásicos se producen a partir de la energía contenida en la radiación solar que es captada y transformada en energía del enlace químico mediante la **fotosíntesis** que llevan a cabo las plantas verdes y diversos microorganismos con pigmentos fotosintéticos. La energía contenida en los enlaces químicos de los tejidos que forman los organismos fotosintéticos es, luego, transferida a los animales a través de las cadenas tróficas y se libera al medio ambiente en procesos de oxidación, como los que tienen lugar durante la descomposición de los materiales biológicos residuales o muertos, o bien, de una forma mucho más rápida en el tiempo, en los procesos de combustión. En cualquier caso, la oxidación de la materia orgánica, al ser un proceso exotérmico, conlleva a una liberación de energía que, en el caso de la combustión, puede ser utilizada por el hombre como fuentes energética.

Teniendo en cuenta lo anterior, la biomasa constituye una forma de energía solar en la que la captación, conversión y almacenamiento de la energía se realizan a través de procesos metabólicos de seres vivos.

La biomasa era la fuente energética más importante para la humanidad y en ella se basaba la actividad manufacturera hasta el inicio de la revolución industrial. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía primaria.

Mientras que en los países desarrollados, es la energía renovable más extendida y que más se está potenciando, en multitud de países en vías de desarrollo es la principal fuente de energía primaria lo que provoca, en muchos casos, problemas ambientales como la deforestación, desertización, reducción de la biodiversidad, etc.

No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente. El elevado coste de los combustibles fósiles y los avances técnicos que han posibilitado la aparición de sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa cada vez más eficientes, fiables y limpios, han causado que esta fuente de energía renovable se empiece a considerar por las industrias como una alternativa, total o parcial, a los combustibles fósiles.

La energía de la biomasa proviene en última instancia del sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y del CO₂ presente en el aire. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En este proceso de transformación de la materia orgánica se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero que pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos (Figura 21).

Distinguiremos entre biocombustible sólido, biocombustible gaseoso o biogás y biocombustible líquido.

Se considera como **biocombustibles sólidos** aquellos combustibles sólidos, no fósiles, compuestos por materia orgánica de origen vegetal o animal o producidos a partir de la misma mediante procesos físicos, susceptibles de ser utilizados en aplicaciones energéticas.

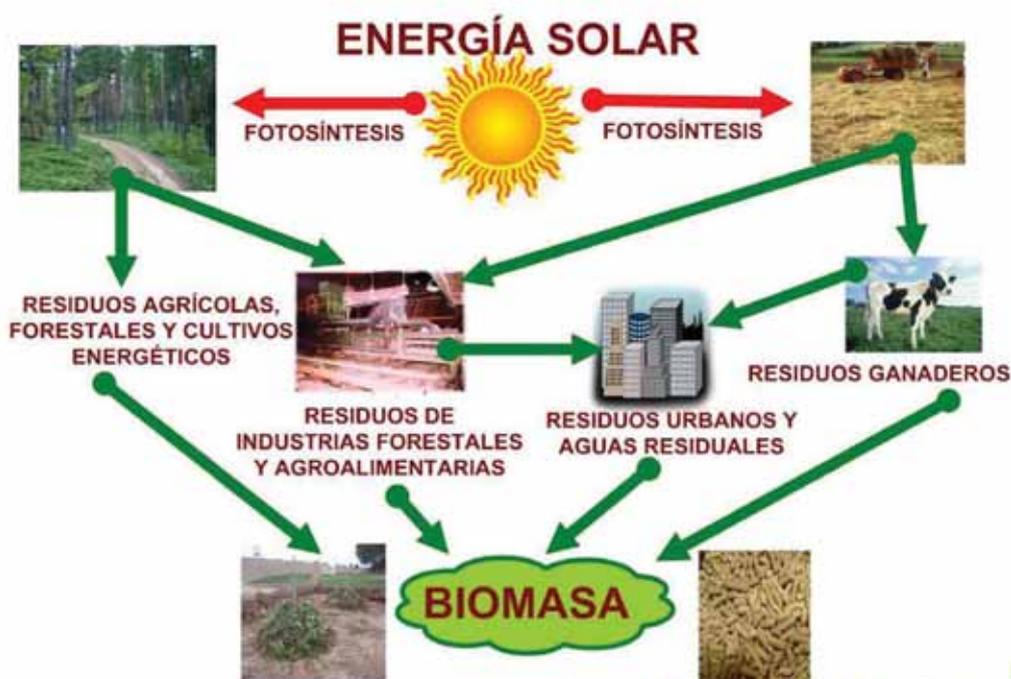


Figura 21. Origen de la Biomasa (Elaboración Propia)

El origen de estos biocombustibles engloba distintos sectores productivos desde los cultivos agrícolas o los aprovechamientos forestales, hasta los residuos producidos en industrias agroalimentarias o forestales.

La Norma UNE 164001 EX Método para la determinación del poder calorífico, determina las características de cada biocombustible sólido que varía según su composición y humedad, de forma que la energía que puede generarse por unidad de masa o de volumen depende de estos parámetros.

Por ello, es necesaria una caracterización adecuada de cada tipo de biocombustible que defina las propiedades energéticas del producto.

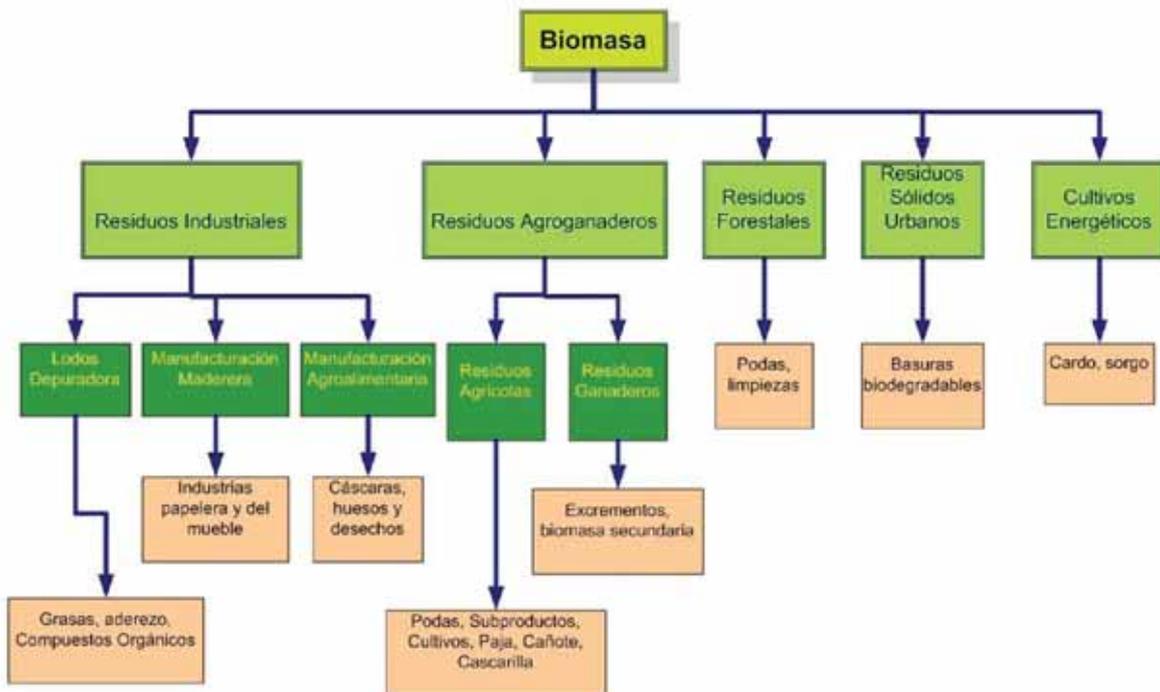


Figura 22. Clasificación de la Biomasa (Fuente: Laboratorio de Energías Renovables, elaboración propia)

El establecimiento de contratos de compraventa entre productores, distribuidores y usuarios de biomasa debe referirse a parámetros objetivos que permitan valorar la energía que realmente podrá ser utilizada.

Estos parámetros objetivos, de fácil medida, son el poder calorífico inferior y la humedad.

Estos parámetros también permiten establecer los equipos aptos para el aprovechamiento energético de cada biocombustible en las condiciones de suministro establecidas en el contrato de compraventa.

Podemos distinguir entre la biomasa sólida empleada para producir energía térmica calderas, estufas, district heating, etc., y la empleada en la industria de transformación de energía para generación de electricidad.

El **Biocombustible gaseoso o Biogas** debido a su alto poder calorífico tienen su mayor aprovechamiento económico en la generación de electricidad.

En el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, podemos contemplar

una evolución desde el primer Real Decreto 2.566/1994 de 9 de diciembre de Producción de energía eléctrica por instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables, en el que la mayor diversidad en tipos de abastecimientos y aprovechamientos han sido en el sector de la biomasa donde en lo referente a generación eléctrica en la actualidad se contemplan las siguientes posibilidades repartidas en distintos grupos y subgrupos:

Grupo a.1 Subgrupo a.1.3. Cogeneraciones que utilicen como combustible principal biomasa y/o biogás, en los términos que figuran en el anexo II, y siempre que ésta suponga al menos el 90 por ciento de la energía primaria utilizada, medida por el poder calorífico inferior.

Detallamos el Anexo II del citado Real Decreto ya que se reflejan las diferentes apreciaciones sobre qué es lo que se entiende por biomasa y biogás, con un (nº) a continuación que sería las retribuciones en la tarifa regulada para instalaciones mayores a 2 MW en los primeros 15 años de utilización para ver la diferenciación de unas y otras:

Biomasa y biogás que pueden incluirse en los grupos b.7, b.8 y b.9 del artículo 2.1

A. Ámbito de aplicación

A los efectos de lo establecido en este real decreto, se entenderá por biomasa la fracción biodegradable de los productos, subproductos y residuos procedentes de la agricultura (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.

Las comunidades autónomas, en el ámbito de sus competencias, podrán considerar, para el caso de las Biomosas con la transformación de la madera, en el largo plazo, estableciendo, en su caso, los correspondientes mecanismos de ajuste.

Los tipos de biomasa y biogás considerados en el artículo 2.1 aparecen descritos a continuación:

Grupo b.6. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de cultivos energéticos, de residuos de las actividades agrícolas o de jardinerías, o residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes, en los términos que figuran en el anexo II. Dicho grupo se divide en tres subgrupos: Productos incluidos:

Subgrupo b.6.1. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de cultivos energéticos. Productos incluidos: (14,6590)

a) Cultivos energéticos agrícolas

Biomasa, de origen agrícola, producida expresa y únicamente con fines energéticos, mediante las actividades de cultivo, cosecha y, en caso necesario, procesado de materias primas recolectadas. Según su origen se dividen en: herbáceos o leñosos.

b) Cultivos energéticos forestales

Biomasa de origen forestal, procedente del aprovechamiento principal de masas forestales, originadas mediante actividades de cultivo, cosecha y en caso necesario, procesado de las materias primas recolectadas y cuyo destino final sea el energético.

Subgrupo b.6.2. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de las actividades agrícolas o de jardinerías. Productos incluidos: (10,7540)

a) Residuos de las actividades agrícolas

Biomasa residual originada durante el cultivo y primera transformación de productos agrícolas, incluyendo la procedente de los procesos de eliminación de la cáscara cuando corresponda. Se incluyen los siguientes productos:

1. Residuos agrícolas herbáceos:

1.1. Del cultivo de cereales: pajas y otros

1.2. De producciones hortícolas: residuos de cultivo de invernadero

1.3. De cultivos para fines agroindustriales, tales como algodón o lino

1.4. De cultivos de legumbres y semillas oleaginosas

2. Residuos agrícolas leñosos: procedentes de las podas de especies agrícolas leñosas (olivar, viñedos y frutales)

Residuos de las actividades de jardinería

Biomasa residual generada en la limpieza y mantenimiento de jardines.

Subgrupo b.6.3. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes. Productos incluidos: (11,8294)

Residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes

Biomasa residual producida durante la realización de cualquier tipo de tratamiento o aprovechamiento selvícola en masas forestales, incluidas cortezas, así como la generada en la limpieza y mantenimiento de los espacios verdes.

Grupo b.7. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de estiércoles, biocombustibles o biogás procedente de la digestión anaerobia de residuos agrícolas y ganaderos, de residuos biodegradables de instalaciones industriales o de lodos de depuración de aguas residuales, así como el recuperado en los vertederos controlados, en los términos que figuran en el anexo II. Dicho grupo se divide en tres subgrupos: Productos incluidos:

Subgrupo b.7.1. Instalaciones que empleen como combustible principal el biogás de vertederos. Productos incluidos en el subgrupo: (7,9920)

Biogás de vertederos.

Subgrupo b.7.2. Instalaciones que empleen como combustible principal el biogás generado en digestores empleando alguno de los siguientes residuos: residuos biodegradables industriales, lodos de depuradora de aguas urbanas o industriales, residuos sólidos urbanos, residuos ganaderos, agrícolas y otros para los cuales se aplique el proceso de digestión anaerobia, tanto individualmente como en co-digestión. Productos incluidos: (9,6800)

- a) residuos biodegradables industriales.
- b) lodos de depuradora de aguas residuales urbanas o industriales.
- c) residuos sólidos urbanos.
- d) residuos ganaderos.
- e) residuos agrícolas.
- f) otros a los cuales sea aplicable dicho procedimiento de digestión anaerobia.

Subgrupo b.7.3. Instalaciones que empleen como combustible principal estiércoles mediante combustión y biocombustibles líquidos. Productos incluidos: (5,3600)

- g) Estiércoles mediante combustión.
- h) Biocombustibles líquidos y subproductos derivados de su proceso productivo.

Grupo b.8. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales, en los términos que figuran en el anexo II. Dicho grupo se divide en tres subgrupos. Productos incluidos:

Subgrupo b.8.1. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola. Productos incluidos (10,7540)

1. Residuos de la producción de aceite de oliva y aceite de orujo de oliva.
2. Residuos de la producción de aceitunas.
3. Residuos de la extracción de aceites de semillas.

4. Residuos de la industria vinícola y alcoholera.
5. Residuos de industrias conserveras.
6. Residuos de la industria de la cerveza y la malta.
7. Residuos de la industria de producción de frutos secos.
8. Residuos de la industria de producción de arroz.
9. Residuos procedentes del procesado de algas.
10. Otros residuos agroindustriales.

Subgrupo b.8.2. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector forestal. Productos incluidos (6,5080)

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

Subgrupo b.8.3. Centrales que utilicen como combustible principal licores negros de la industria papelera. Productos incluidos (8,0000)

Licores negros de la industria papelera.

Productos incluidos instalaciones de co-combustión Cualquiera de los indicados en los grupos b.6, b.7 y b.8 anteriores, cuando estos sean empleados en centrales térmicas convencionales mediante tecnologías de co-combustión.

B. Exclusiones

No se considerarán biomasa o biogás, a los efectos del presente real decreto:

1. Combustibles fósiles, incluyendo la turba, y sus productos y subproductos.
2. Residuos de madera:
 - a) Tratados químicamente durante procesos industriales de producción.
 - b) Mezclados con productos químicos de origen inorgánico.

- c) De otro tipo, si su uso térmico está prohibido por la legislación
- 3. Cualquier tipo de biomasa o biogás contaminado con sustancias tóxicas o metales pesados.
- 4. Papel y cartón
- 5. Textiles
- 6. Cadáveres animales o partes de los mismos, cuando la legislación prevea una gestión de estos residuos diferente a la valorización energética.

C. Eficiencia energética

Los sistemas de generación eléctrica a condensación, con biomasa y/o biogás deberán alcanzar los siguientes niveles de eficiencia para su generación bruta de energía eléctrica:

- 1. Un mínimo del 18 % para potencias hasta 5 MW
- 2. Un mínimo del 20 % para potencias entre 5 y 10 MW
- 3. Un mínimo del 22 % para potencias entre 10 y 20 MW
- 4. Un mínimo del 24 % para potencias entre 20 y 50 MW

El cálculo de la eficiencia se realizará conforme a una fórmula y el hecho de no alcanzar los niveles de eficiencia establecidos podrá dar lugar a la revocación de la condición de productor de electricidad en régimen especial, o a la suspensión del régimen económico regulado en el presente real decreto.

Además en la disposición transitoria octava contempla la utilización de biomasa y/o biogás para las instalaciones de co-combustión.

Se establecen sendos periodos transitorios, en los que las instalaciones térmicas de régimen ordinario recogidas en el artículo 46 del presente real decreto podrán utilizar, además, biomasa de la considerada para el grupo b.8, en los términos establecidos en el anexo II, en los plazos y porcentajes siguientes:

- 1. Hasta el 31 de diciembre de 2013, podrán utilizar cualquier tipo de biomasa y/o biogás considerado para los grupos b.6, b.7 y b.8, en los términos establecidos en el anexo II.

2. Desde el 1 de enero de 2014 y hasta el 31 de diciembre de 2015, podrán utilizar hasta un 50 por ciento para la contribución conjunta de la biomasa considerada para el grupo b.8 medida por su poder calorífico inferior.

La RESOLUCIÓN de 24 de octubre de 2007, de la Dirección General para la biodiversidad, por la que se publica el Convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente, la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Castilla y León, Iberdrola S.A. y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, para la realización de un proyecto demostración que determine las posibilidades de uso de biomasa para la co-combustión en centrales térmicas, establece Descripción de los trabajos a realizar que se detallan en el apartado de 3.2 Biomasa natural.

La Orden ITC/1522/2.007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia, tiene por objeto fomentar la contribución de estas fuentes de energía a la producción de electricidad así como facilitar el comercio de electricidad producida a partir de tales fuentes. Dicha orden, en su artículo 5.1, designa a la Comisión Nacional de Energía como organismo responsable, en todo el territorio español, para la expedición de la garantía de origen de la electricidad así como para su gestión mediante un sistema de anotaciones en cuenta con el fin de que los productores de electricidad que utilicen fuentes de energía renovables o cogeneración de alta eficiencia puedan demostrar que la electricidad que venden ha sido generada de acuerdo con tales principios.

La Circular 2/2.007, de 29 de noviembre, de la Comisión Nacional de Energía, que regula la puesta en marcha y gestión del sistema de garantía de origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia. Establece en su artículo segundo.

Definiciones.—A los efectos de la presente Circular, serán de aplicación las siguientes definiciones:

c) «Biomasa»: la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales; siempre y cuando dicha fracción biodegradable sea cuantificable debido a la separación en origen o, en su caso, a otro medio objetivo; y todo ello conforme al anexo II del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, y al procedimiento de certificación que se establezca por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de acuerdo con el artículo 19 del citado Real Decreto. Asimismo, la fracción de electricidad generada empleando biomasa mediante sistemas de cogeneración y/o en cocombustión será garantizada como renovable.

Los **Biocombustibles líquidos** los podemos diferenciar entre biocarburantes para el transporte y biocombustibles para producción de energía calorífica.

Biocarburantes son los combustibles líquidos de origen biológico que por sus características físico-químicas pueden sustituir a la gasolina y al gasóleo bien de manera total o mezclados como aditivo. Son el Bioetanol (alcohol etílico), biometanol (alcohol metílico) y el biodiesel obtenido de esterificación de aceites vegetales fundamentalmente de la colza y el girasol. Como componente del Etil Ter-Butil Eter o en sustitución del MTBE/ ETBE como antidetonantes sustitutos del plomo.

III.2.2 La biomasa como combustible

La propuesta de Directiva del Parlamento Europeo de promoción del uso de energías renovables, en su versión 15.4 de 23.01.08 establece como definiciones:

«fuentes de energía renovables»: las fuentes de energía renovables no fósiles (energía eólica, solar, geotérmica, del oleaje, mareomotriz e hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás).

«biomasa»: la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura (incluidas las sustancias de origen vegetal y de

origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.

«consumo de energía final»: los productos de energía suministrados con fines energéticos a la industria manufacturera, el transporte, los hogares, los servicios, la agricultura, la silvicultura y la pesca, incluido el consumo de electricidad y calor por la rama de energía para la producción de electricidad y calor e incluidas las pérdidas de electricidad y calor en la distribución.

La nueva CIRCULAR 1/2008, de 7 de febrero, de la Comisión Nacional de Energía, de Información al consumidor sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medioambiente. El producir energía eléctrica para las Empresas Productoras comenzará a ser un input que a las Empresas Comercializadoras de energía eléctrica podrán vender a sus clientes como energía verde, estando perfectamente identificado, o sea, establece el proceso que utilizará la Comisión Nacional de Energía para la obtención de la información que –comercializadores y distribuidores que vendan electricidad a sus clientes finales-deben proporcionar a éstos acerca del origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente, y los formatos con los que deberán efectuar dicha comunicación

El etiquetado de la electricidad es un mecanismo diseñado con el fin de suministrar información fidedigna y homogénea a los clientes finales acerca de la electricidad que consumen, proporcionándole un formato uniforme, con independencia del comercializador o distribuidor que le ha vendido la energía, con información precisa sobre: El desglose de las fuentes de energía que se han utilizado para generar la electricidad que han consumido. El impacto ambiental que dicha producción ha originado.

Con este mecanismo el cliente final obtendrá de su comercializadora o distribuidora, según corresponda, información adicional respecto a la mezcla de combustibles utilizada e impacto ambiental que originó la electricidad comercializada el año anterior, así como la posición relativa de ésta frente a la media del sector, incrementando con ello la transparencia del mercado eléctrico.

Se está estudiando la posibilidad de cultivar árboles, con alto contenido de celulosa, con el único fin de producir etanol, como pueden ser el chopo o el sauce. Igualmente el cultivo específico de algunas plantas con el fin de producir combustible podría ser una alternativa a las tierras sin cultivo, en el marco de la Política Agraria Común (PAC). Otra alternativa a las cosechas dedicadas a fines energéticos, es el uso de residuos de procesos agrícolas, forestales o industriales, con alto contenido en biomasa. Estos residuos pueden ir desde la paja de cereal a las "limpias" forestales, pasando por los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) o las cáscaras de cereal o de arroz. Los residuos tienen la ventaja de su bajo coste, ya que son la parte no necesaria de otros productos o procesos, salvo cuando son utilizados en la alimentación del ganado. Los RSU tienen un alto contenido en materia orgánica, como papel o madera, que los hace una potencial fuente de materia prima, aunque debido a su diversa procedencia pueden contener otros materiales cuyo preproceso de separación incrementa mucho el precio de la obtención del bioalcohol.

Los biocombustibles líquidos se usan en sustitución de gasoil o fueloil para la combustión en calderas de generación de energía térmica ya sea para agua caliente o vapor, el biodiesel reduce las emisiones de CO₂. El Bioetanol se pueden utilizar también en pilas de combustible.

Tabla 6. Características comparadas Bioetanol y gasolina

| Característica | Unidad | GASOLINA | ETANOL ANHIDRO | ETANOL HIDRATADO | ETBE |
|----------------------------|--------------------|----------|----------------|------------------|-------|
| Densidad | kg/l | 0,75 | 0,79 | 0,81 | 0,74 |
| Volatilidad | kg/cm ² | 0,75 | 1,52 | 1,18 | 0,34 |
| Relación Estequiométrica | Aire/comb | 15,2 | - | 8,3 | - |
| Calor Latente vaporización | cal/g | 90 | 217 | 274 | - |
| Índice de Octano | IOM | 85 | 89 | 92 | 102 |
| Índice de Octano | IOR | 95 | 109 | 110 | 118 |
| Autoignición | °C | 367 | 550 | 560 | 570 |
| Poder Calorífico Inferior | kcal/kg | 10.296 | 6.432 | 5.976 | 8.640 |

Tabla 7. Comparativa entre aceite de colza y girasol, y sus ésteres metílicos con el gasóleo de automoción

| Característica | GASOLEO | ESTER METÍLICO | | ACEITE | |
|--------------------------------------|---------|----------------|---------|--------|---------|
| | | Colza | Girasol | Colza | Girasol |
| Densidad (kg/l) | 0,835 | 0,880 | 0,880 | 0,916 | 0,924 |
| Viscosidad (mm ² /s 20°C) | 5,1 | 7,5 | 8,0 | 77,8 | 65,8 |
| Viscosidad (mm ² /s 50°C) | 2,6 | 3,8 | 4,2 | 25,7 | 34,9 |
| Número de Cetano | <45 | 52-56 | 45-51 | 44-51 | 33 |
| Residuo Carbonoso (%) | 0,15 | 0,02 | 0,05 | 0,25 | 0,42 |
| Azufre (%) | 0,29 | 0,001 | 0,002 | 0,0001 | 0,001 |
| Pod. Calor. Superior e (kcal/kg) | 9.216 | - | 8.472 | 8.928 | 8.760 |
| Pod. Calor. Inferior e (kcal/kg) | 8.496 | 7.944 | 7.930 | 8.232 | 8.124 |

Tabla 8. Comparativa entre diferentes combustibles

| Característica | Gasóleo | Fuel Oil | Gas Natural | Carbón | Biomasa |
|---------------------------|-----------|-----------|-------------|--------|-----------|
| Análisis Elemental | | | | | |
| Carbono | 86.0 | 84.6 | 72.8 | 75.8 | 50.0 |
| Hidrógeno | 11.1 | 9.7 | 22.6 | 5.1 | 5.5 |
| Nitrógeno | 1.0 | 1.0 | 4.6 | 1.5 | 1.0 |
| Azufre | 0.8 | 1.5 | 0.0 | 1.6 | <0.2 |
| Cenizas | 0.1 | 0.5 | 0.0 | 5.0 | 2.0-5.0 |
| Oxígeno | 1.0 | 2.7 | 0.0 | 8.2 | 40.0 |
| Análisis Inmediato | | | | | |
| Humedad | 1.0 | 1.5 | 0.0 | 5.0 | variable |
| Volátiles | | | | 35.0 | 65.0 |
| Carbón fijo | | | | 50.0 | 20.0 |
| Cenizas | | | | 10.0 | 2.0-5.0 |
| PCS (kcal/kg) | 10.300 | 10.100 | 12.450 | 7.500 | 4.500 |
| PCI (kcal/kg) | 9.700 | 9.600 | 9.300 | 7.000 | 4.200 |
| Precio (€/te) | 0.04-0.05 | 0.02-0.03 | 0.02-0.05 | 0.01 | 0.01-0.03 |

III.2.3 La biomasa en el contexto de la Unión Europea

De todas las fuentes de energía renovables, la biomasa es la más importante en el conjunto de la Unión Europea. Si se tiene en cuenta la producción energética con renovables en el año 1995 (72.876 ktep), la energía de la biomasa representó aproximadamente un 55% (40.081 ktep) frente a las demás fuentes de este tipo. Le siguen en orden de importancia la energía hidráulica (24.950 ktep) y la geotérmica (2.518 ktep).

Es en el sector doméstico donde más se utiliza la biomasa, principalmente en hogares y pequeñas calderas. Las aplicaciones industriales por lo general contribuyen en menor medida a este consumo de combustibles biomásicos.

Si se tienen en cuenta las cantidades de biomasa consumidas por los países de la Unión Europea, Francia es el país que registra el mayor consumo, superior a 9 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep). El segundo puesto lo ocupa Suecia (6,5 millones de tep) y le sigue Finlandia con 5 Mtep. En estos dos países el consumo de biomasa está más extendido a escala industrial dado el gran número de empresas de transformación de la madera y de fabricación de papel que allí existen.

España ocupa el cuarto lugar por orden de importancia cuantitativa con 3,6 millones de tep. Nuestro país sigue la tendencia general de los países europeos, es decir, mayor consumo de biomasa en el ámbito doméstico que en el sector industrial.

Existen una serie de factores que condicionan el consumo de biomasa en los países europeos y que hacen que éste varíe de unos a otros, tanto cuantitativamente como en el aprovechamiento de la energía final. Estos factores se pueden dividir en tres grupos:

- **Factores geográficos:** Inciden directamente sobre las características climáticas del país condicionando, por tanto, las necesidades térmicas que se pueden cubrir con combustibles biomásicos.
- **Factores energéticos:** Dependiendo de los precios y características del mercado de la energía en cada momento, se ha de decidir si es o no rentable el aprovechamiento de la biomasa como alternativa energética en sus diversas aplicaciones.
- **Disponibilidad del recurso:** Hace referencia a la posibilidad de acceso al recurso y la garantía de su existencia. Estos factores son los más importantes ya que inciden directamente tanto en el consumo energético de biomasa como en sus otras posibles aplicaciones.

Como ya se ha mencionado, las aplicaciones a las que va destinado el consumo de biomasa varían mucho de unos países a otros.

En cuanto a las perspectivas del uso de los combustibles biomásicos en Europa hay que destacar que además de las ventajas energéticas que supone, el desarrollo de sector puede tener unas repercusiones muy favorables en otros campos. El aspecto ambiental es uno de los más importantes. La reducción de emisiones contaminantes (CO_2 , NO_x , SO_2) a la atmósfera es uno de los objetivos primordiales de la Unión Europea. Por otra parte, el aprovechamiento energético de los residuos forestales puede contribuir a reducir los costes de la limpieza de los bosques.

La utilización de los cultivos energéticos también cuenta con un gran potencial de desarrollo en determinadas regiones de Europa al igual que el aprovechamiento energético del biogás generado en la digestión anaerobia de los residuos ganaderos y los lodos de depuración de aguas urbanas.

La elaboración de biocarburantes a partir de productos agrícolas es también una alternativa a tener en cuenta no sólo por la reducción de la contaminación atmosférica ocasionada por los vehículos a motor sino también por contribuir a la diversificación de las actividades en el mundo rural. Según las previsiones de la Comisión Europea, se estima que en el año 2010 los biocarburantes podrían conseguir una participación del 3% en el consumo de energía del sector del transporte europeo.

III.3 Tipos de biomasa

Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO_2) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen. En la Figura 23 se muestran los contenidos de carbono en la biomasa existente en un bosque primario. De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la

energía solar. Entonces, se produce en forma sostenida o sea - en el mismo nivel en que se consume – esa batería durará indefinidamente.

Los recursos biomásicos incluyen cualquier fuente de materia orgánica, como desechos agrícolas y forestales, plantas acuáticas, desechos animales y basura urbana. Su disponibilidad varía de región a región, de acuerdo con el clima, el tipo de suelo, la geografía, la densidad de la población, las actividades productivas, etc.; por eso, los correspondientes aspectos de infraestructura, manejo y recolección del material deben adaptarse a las condiciones específicas del proceso en el que se deseen explotar.

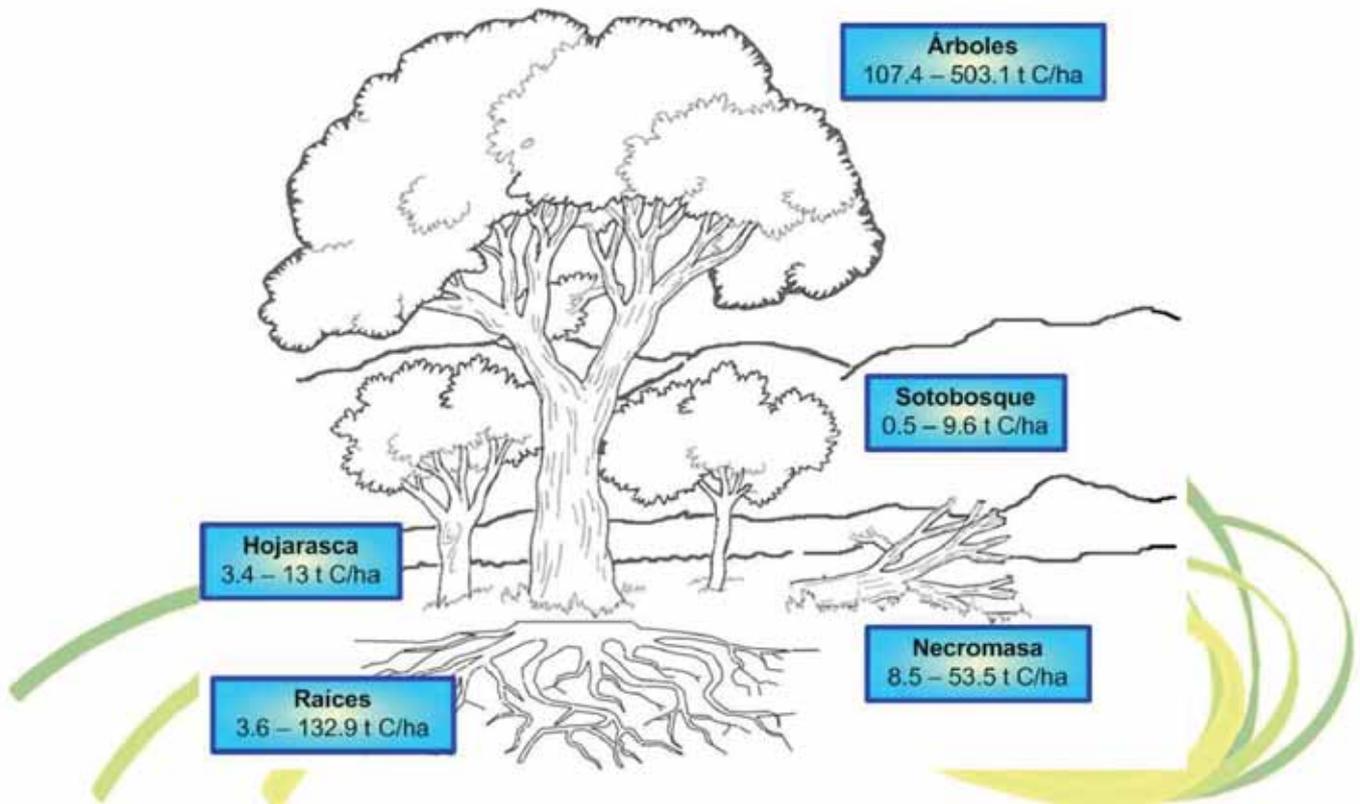


Figura 23. Estimación de toneladas de carbono por hectárea de bosque primario (Fuente: BUN-CA, Elaboración propia)

III.3.1 Introducción

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes: los residuos de la industria forestal y la agricultura, los desechos urbanos y las plantaciones energéticas, se usan, generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran

la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de combustibles fósiles.

Los residuos agrícolas, como la leña y el carbón vegetal, han sido usados en procesos tradicionales y a usos primarios en pequeña escala; por ejemplo, la cocción de alimentos o las pequeñas actividades productivas como panaderías, caleras, secado de granos, etc.

Existen diferentes tipos o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados para suministrar la demanda de energía de una instalación, una de las clasificaciones más generalmente aceptada es la siguiente:

- Biomasa Natural
- Biomasa residual seca
- Biomasa residual húmeda
- Cultivos energéticos
- Biocarburantes

Tabla 9. de Biomasa (Fuente: Fundación CIRCE)

| | | | |
|-------------------------|-----------------------|--|--|
| Biomasa Natural | | | |
| Biomasa Residual | Biomasa Residual Seca | Forestal | Tratamientos selvícolas |
| | | | Aprovechamientos maderables |
| | Agrícola | | Cultivos herbáceos |
| | | | Podas de frutales |
| | | | Residuos de industrias agroalimentarias o de transformación de la madera |
| Biomasa Residual húmeda | | Aguas residuales urbanas | |
| | | Residuos ganaderos | |
| | | Residuos industriales biodegradables | |
| Cultivos Energéticos | | Destinados a la producción de calor | |
| | | Destinados a la producción de biocarburantes | |

III.3.2 Biomasa Natural

Es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana, principalmente en zonas boscosas. Los recursos generados en las podas naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa. La utilización de estos recursos requiere de la gestión de su adquisición y transporte hasta la empresa lo que puede provocar que su uso

sea inviable económicamente. En la explotación de esta biomasa cabe vigilar el hecho de no explotar los recursos por encima de la tasa de renovación del ecosistema, ya que, si así fuese, el ecosistema se vería afectado de una forma irreversible. Es una de las principales fuentes energéticas de los países subdesarrollados. Estos, presionados por sus necesidades, pueden llegar a la sobreexplotación, con la consiguiente desaparición de grandes masas forestales. Cabe tener en cuenta que la extracción de biomasa de un ecosistema natural con la finalidad de usarla como combustible significa la liberación en la atmósfera de una cantidad de carbono equivalente que hasta entonces permanecía confinada en el seno del ecosistema natural. Por este motivo, para la explotación de biomasa es preciso una planificación que sea sostenible, a fin de que el ecosistema incorpore nuevos individuos, que a la vez capturarán más CO₂ atmosférico.

De la comunicación de la Comisión de La Unión Europea sobre el plan de acción sobre la Biomasa de fecha 07.12.05, y que se refleja en el plan del IDAE de energías renovables 2.005-2.010 Desarrollo de la biomasa en España, podemos sacar unos datos significativos de cómo afectará este tipo de energía para Castilla y León. En el año 2.004 se consumían 448 ktep de biomasa en la CC.AA. en estas diferentes formas:

- Residuos forestales procedentes de los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales. Problema: Corta, saca y transporte a pista. Difícil mecanización y necesita astillado.
- Residuos agrícolas herbáceos, principalmente pajas de cereal y cañote de maíz. Problemas: Estacionalidad y grandes variaciones de producción de una temporada a otra.
- Cultivos energéticos (biocarburantes), alternativa a los cereales extensivos. Problema. Altos costes de cultivo.

El problema general que tienen asociado a todas las formas de la biomasa es que al ser un mercado poco maduro y la logística del producto prácticamente no existe para ninguno de los tipos.

El plan marca unos objetivos para Castilla y León en términos de energía primaria repartida en los siguientes grupos de biomasa, alcanzando en el año 2010:

| | |
|-----------------------------------|-------------------|
| Cultivos energéticos: | 539 ktep |
| Residuos forestales: | 124 ktep |
| Residuos agrícolas leñosos: | 15 ktep |
| Residuos agricultura herbáceos: | 240 ktep |
| Residuos industriales forestales: | 37 ktep |
| Residuos industriales agrícolas: | 177 ktep |
| Total | 1.133 ktep |

Que de los 6.410 ktep totales previstos para todo el territorio nacional representan un 18 %.

En cultivos energéticos se prevé 539 ktep en Castilla y León de un total de 1.908 ktep en toda España el 28% de la producción.

La combustión de la biomasa directamente en una central térmica convencional mezclada con carbón según el convenio establecido entre IBERDROLA y el IDAE con la Consejería de Medio Ambiente de Castilla y León según la RESOLUCIÓN de 24 de octubre de 2007, de la Dirección General para la biodiversidad, y que está realizando en la C.T. de Velilla del Río Carrión en Palencia donde la tecnología con la que cuenta la planta permite sustituir un 10% de antracita por astillas, un cambio que supondrá un ahorro de 200.000 toneladas de emisiones CO₂ al año.

Iberdrola está obteniendo unos resultados positivos en las primeras pruebas realizadas en la central térmica sus conclusiones se añadirán a un estudio que elaborará el Ministerio de Medio Ambiente y con el que se pretende determinar la disponibilidad de masa forestal en el entorno y el coste real del uso en la co-combustión. Para ello se analizará todo el proceso de gestión de entre 3.000 y 7.000 toneladas de biomasa.

Aunque se han tenido que realizar una serie de modificaciones en el método en la clasificación del molino para permitir el paso de la biomasa y se ha reformado el tamaño de las astillas, que al principio eran de 5 cm y ahora se ha reducido a 2 cm. Hasta ahora las pruebas se están realizando con chopo pero a partir de junio se hará con pino. La tecnología con la que cuenta la planta actualmente permitirá sustituir un 10% de la antracita por biomasa, un cambio que podría suponer el ahorro de la emisión de unas 200.000 toneladas de CO₂ al año según la normativa de contabilización de emisiones para este combustible.

Los posibles problemas que se pueden producir en este método son, en el almacenamiento, que se declaren incendios por causa de la baja temperatura de ignición de la madera, con lo cual se tiene que quemar una cantidad ajustada al tamaño, cantidad y equipos. Y segundo que la biomasa por el momento la está proporcionando la empresa TRAGSA con los sobrantes de las podas que realizan por la zona y productores locales, ya que no existe mercado maduro de biomasa en España, por lo que encontrar las cantidades previsiblemente necesarias va a conllevar dificultades mientras el mercado no se desarrolle.

III.3.3 Biomasa residual seca

La biomasa residual seca la constituyen los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera y que, por tanto, son considerados residuos. Este es el grupo que en la actualidad presenta un mayor interés desde el punto de vista del aprovechamiento industrial. Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, el serrín, etc.

Cáscara de Piña y Piñón

Entre los subproductos obtenidos de los pinos tras la extracción del piñón blanco están las cáscaras de piñas y las cáscaras de piñones, que tienen un alto poder calórico y, por tanto, usadas como biocombustible en las

calefacciones de granjas de engorde de pollos en la provincia de León fundamentalmente.

El kilo de cáscara de piñón -más energético- se vende a 0,8 euros y el de cáscara de piña, a 0,6 euros.

Esta biomasa se genera fundamentalmente en Valladolid, en Pedrajas de San Esteban se obtiene el 90% del piñón ibérico, sesenta empresas se dedican a esta recolección de las cuales 45 forman (ACEPI) Asociación Castellana de Elaboradores de Piñón transforman unos 13.000 kg, PIÑOSOL con 20 empresarios produce 200.000 kg y PICASA con 19 socios produce 600.000 kg producto obtenido para los turroneiros levantinos y para Francia, países árabes, Inglaterra, Alemania o Canadá.

Castilla y León dispone de 90.000 de las 400.000 hectáreas de pino piñonero que hay en España. La provincia de Valladolid, a pesar de tener sólo 45.000 hectáreas, obtiene mediante la compra de piña en verde el 90% del piñón blanco nacional. Un año bueno, una hectárea de pino piñonero produce 30 kilos de piñones, un año malo como éste, sólo tres kilos.

Además de los robos que parece sufren estos empresarios, la producción puede variar entre un año bueno con 2.000 t en del año 2006 a 400 t en el año 2007.

La combustión se realiza en una caldera similar a las de carbón con adaptación del quemador con una tolva para el aporte de la cáscara.

- Fabricantes de estufas y quemadores de cáscara de piña y piñón, podemos encontrar:
 - Jesús Hernansanz Alcalde <http://www.estufasjha.es>
- Suministradores de cáscara de piña y piñón:
 - Cuellar Olmedo, Km, 2600, 47430 – Pedradas de San Esteban (Valladolid) Tel: 983605434
 - Espinosa Muñoz, J.A. Cuellar Olmedo, M.22, 47430 – Pedradas de San Esteban (Valladolid) Tel: 983605434

- Valentín Rico, Avda San Miguel 43, 47420 Iscar (Valladolid)
www.briquetasiscar.com

Briquetas de Viruta y Serrín

Poder Calorífico: 4950 kcal/kg

Para calefacción, chimeneas, estufas y cocina tras la recolección de la viruta y el serrín y su posterior briqueteado a presión haciendo cilindros de 12 cm de diámetro, seccionado en tramos de 50-60 cm, y empaquetado en envases de 7,5-10 kg, y posterior paletizado para su transporte.

- Suministradores de briquetas:
 - Briquetas ISCAR, Avda San Miguel 43, 47420 ISCAR (Valladolid)
www.briquetasiscar.com
 - Briquetas BRIHER, Polígono Santa Ana s/n, 42158 Duruelo de la Sierra (Soria)

III.3.4 Biomasa residual húmeda

Son los vertidos denominados biodegradables: las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines). El potencial de los 40 millones de toneladas de residuos ganaderos podría ser convertido en unos 2.000 millones de metros cúbicos de biogás con un potencial energético de 1,2 tep/año.

III.3.5 Cultivos energéticos

Son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible. Algunos ejemplos son el cardo (*Cynara cardunculus*), el girasol cuando se destina a la producción de biocarburantes, el miscanto, etc.

Los cultivos se suelen labrar con esta finalidad se caracterizan por dos aspectos concretos:

- Alta producción por unidad de superficie y año

- Pocos requerimientos propios del cultivo

Las distintas producciones de etanol en función de la materia prima depende de la cantidad de almidón que contenga, así:

Tabla 10. Producción de Etanol en función de la materia prima

| | Producción t/ha | Rend etanol kg/l | Producct etanol l/ha |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Remolacha | 60 | 10 | 6.000 |
| Trigo | 2,5 | 2,8 | 893 |
| Maíz | 10 | 2,7 | 3.704 |
| Pataca | 65 | 12 | 5.417 |
| Sorgo azucarero | 90 | 18 | 5.000 |

El coste de la producción de biocarburantes es principalmente la materia prima, que es la misma que se ha cultivado tradicionalmente, si analizamos los subsectores de los cereales de Castilla y León podemos comprobar que es la CC.AA. que más producción tiene de maíz, trigo y cebada. Siendo tradicionalmente el granero de España, por su extensión y clima. La discusión se centra en que el mercado de los biocombustibles debe basarse en criterios de sostenibilidad, ya que para la UE es la única solución para que el sector transporte con estos carburantes pueda cumplir el protocolo de Kyoto de emisión de gases contaminantes. El día 09.11.2006 se anuncia que un decreto del gobierno obligará a que los carburantes lleven el 5,4% de biocombustibles.

Así se genera la suposición de que los biocombustibles líquidos puedan suponer una alternativa interesantes para aquellas tierras agrícolas como resultado de la Política Agraria Común (PAC) que limita la superficie cultivada de diversos cultivos herbáceos, pueden quedar abandonadas y con una reforma se generaría empleo en estas zonas.

Los precios de los cereales por el Reglamento del Consejo de la Unión Europea 1.784/2003 a partir de la campaña 2.004/2.005 son regulados para cada campaña, ese año fueron de 101,31 €/t, con incrementos mensuales para favorecer el escalonamiento de la venta del cereal. Los cultivos energéticos tiene una subvención de 45 €/ha revisados al alza por Europa.

En el año 2004 de los datos que proporciona la Junta de Castilla y León podemos ver las producciones y hectáreas dedicadas a los diferentes cereales:

Tabla 11. Hectáreas dedicadas a diferentes cereales y remolacha en Castilla y León

| | Secano | | Regadío | | Total | Grano (t) | Paja (t) | Venta (t) |
|--------------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------------|----------------|------------------|
| | ha | kg/ha | ha | kg/ha | | | | |
| Cereales Invierno | | | | | | | | |
| Trigo | 576.133 | 3.506 | 43.065 | 5.057 | 619.198 | 2.237.702 | 1.262.313 | 2.062.218 |
| Cebada | 1.176 | 3.155 | 110.288 | 4.905 | 111.464 | 544.673 | 2.559.211 | 3.709.454 |
| Cereales Primavera | | | | | | | | |
| Maíz | 587 | 4.783 | 131.231 | 9.819 | 131.818 | 1.291.365 | 54.708 | 1.219.298 |
| Cereales para Biocomb. | | | | | | 12% | 832.857 | 6.990.970 |
| Remolacha | 631 | 57.884 | 49.489 | 77.313 | 50.120 | | | 3.862.668 |
| Remolacha para Biocomb. | | | | | | 45% | | 1.750.000 |

Vemos que las necesidades de cereales de las plantas de biocombustibles que se van a establecer en Castilla y León demanda de un total de 832.857 t/año un 12% del total de cereal trigo, cebada, maíz. En el caso de la remolacha supone el 45% de la producción del 2004.

Los consumos de cereales se distribuyen en la alimentación animal el 70%, consumo humano el 16% y usos industriales el 8%, semillas y otros usos 6%.

El consumo de agua de los diferentes cereales es muy variable pero un mes desfavorable en Valladolid podemos necesitar estas cantidades, que anualmente pueden ser por hectárea de:

Tabla 12. Consumo de agua por hectárea

| Valladolid | m ³ /Ha Agosto | m ³ /Ha año |
|------------|---------------------------|------------------------|
| Patata | 1.500 | 7.941 |
| Remolacha | 1.700 | 9.000 |
| Maíz | 1.700 | 9.000 |
| Girasol | 500 | 2.647 |

Los precios medios de la región que se están pagando actualmente por los cereales son:

Tabla 13. Precios de cereales

| 16/03/2007 | €/t |
|------------|--------|
| Trigo | 165,00 |
| Cebada | 152,30 |
| Maíz | 172,80 |

En una relación directa de coste de materia prima a precio de mercado el litro etanol sin contar los costes de producción en planta y distribución serían de aproximadamente 0,22 €/litro.

Política agrícola común (PAC)

La reforma de la PAC de 2003 significa que la ayuda a la renta de los agricultores ya no está vinculada a la producción de los cultivos. Como consecuencia, los agricultores pueden responder libremente a la creciente demanda de cultivos energéticos. Esta reforma también introdujo una «ayuda especial para los cultivos energéticos» y se mantuvo la posibilidad de utilizar las tierras obligatoriamente «retiradas de la producción» para la producción de cultivos no alimentarios (incluidos los cultivos energéticos).

En el pasado, solo una serie limitada de cultivos energéticos podían beneficiarse, a través del régimen de retirada de tierras, de la ayuda. La reforma ha allanado el camino para aquellos agricultores que quieran producir más cultivos energéticos, incluidos el monte bajo de ciclo corto y otros cultivos perennes. Las decisiones sobre cuáles son los cultivos energéticos más adecuados deben adoptarse preferiblemente a nivel regional o local. La Comisión financiará una campaña de información sobre las propiedades de los cultivos energéticos y las posibilidades que ofrecen. El bosque de crecimiento rápido, en particular, necesita un cambio de enfoque porque los agricultores tienen que inutilizar para otros usos la tierra durante varios años y al menos deben transcurrir 4 años antes de la primera cosecha.

III.3.6 Biocarburantes

Aunque su origen se encuentra en la transformación tanto de la biomasa residual húmeda (por ejemplo reciclado de aceites) como de la biomasa residual seca rica en azúcares (trigo, maíz, etc.) o en los cultivos energéticos (colza, girasol, patata, etc.), por sus especiales características y usos finales este tipo de biomasa exige una clasificación distinta de las anteriores.

III.4 Sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa

III.4.1 Algunas características de la biomasa

En muchas ocasiones, la biomasa se elimina por ser molesta para la instalación que la produce o porque entorpece las labores agrarias o ganaderas que la generan. Cuando esto ocurre, se está desperdiciando una fuente de energía importante, basta recordar que considerando que, por término medio, un kilogramo de biomasa permite obtener 3.500 kcal y que un litro de gasolina tiene aproximadamente 10.000 kcal, por cada tres kilogramos que desperdiciamos de biomasa, se desaprovecha el equivalente a un litro de gasolina.

Habitualmente, el contenido energético de la biomasa se mide en función del poder calorífico del recurso, aunque para algunos de ellos, como es el caso de la biomasa residual húmeda o de los biocarburantes, se determina en función del poder calorífico del producto energético obtenido en su tratamiento. La Tabla 14 se recoge el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI) a distintos contenidos de humedad de algunos de los recursos de biomasa más habituales.

Por otra parte, como no se puede llevar a cabo la combustión directa de la biomasa residual húmeda, su contenido energético puede determinarse en función del que posee el biogás obtenido de su digestión anaerobia. La cantidad de biogás generado y su contenido energético dependen de las características del sustrato tratado y de la tecnología empleada, en la Tabla 15 se muestra el potencial energético medio de algunos recursos. Si hiciésemos una comparativa entre los biocarburantes y los combustibles fósiles, podríamos

establecer que éstos presentan un P.C.I. ligeramente inferior al de los combustibles fósiles tradicionales, aproximadamente del 10%.

Tabla 14. Contenido energético de algunos recursos englobados bajo el término biomasa residual seca (Fuente: Fundación CIRCE, Laboratorio de Energías Renovables, IER)

| Producto | | P.C.I. (kJ/kg) | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|----------------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | Humed | P.C.S. | Humed | P.C.I. | Humed | P.C.I. |
| Leñas y ramas | Coníferas | 0 | 20.711 | 20 | 15.021 | 40 | 10.669 |
| | Fronosas | 0 | 19.246 | 20 | 13.849 | 40 | 9.791 |
| Serrines y virutas | Coníferas | 0 | 20.418 | 15 | 15.857 | 35 | 11.548 |
| | Fronosas autóctonas | 0 | 19.372 | 15 | 14.979 | 35 | 10.878 |
| | Fronosas tropicales | 0 | 20.376 | 15 | 15.816 | 35 | 11.548 |
| Cáscara de frutos secos | Almendra | 0 | 19.916 | 10 | 16.485 | 15 | 15.439 |
| | Avellana | 0 | 18.828 | 10 | 15.523 | 15 | 14.518 |
| | Piñón | 0 | 20.627 | 10 | 17.113 | 15 | 16.025 |
| | Cacahuete | 0 | 17.782 | 10 | 14.560 | 15 | 13.640 |
| Cortezas | Coníferas | 0 | 21.046 | 20 | 15.272 | 40 | 11.088 |
| | Fronosas | 0 | 19.539 | 20 | 14.100 | 40 | 9.958 |
| Poda de frutales | | 0 | 17.890 | 20 | 13.836 | 40 | 9.781 |
| Paja de Cereales | | 0 | 18.493 | 10 | 15.188 | 20 | 13.221 |
| | | 30 | 11.297 | | | | |
| Vid | Sarmientos | 0 | 19.079 | 20 | 13.724 | 40 | 9.665 |
| | Ramilla de uva | 0 | 18.577 | 25 | 12.343 | 50 | 7.406 |
| | Orujo de uva | 0 | 20.167 | 25 | 13.556 | 50 | 8.201 |
| Aceite | Hueso | 0 | 20.753 | 15 | 16.150 | 35 | 11.757 |
| | Orujillo | 0 | 20.376 | 15 | 15.816 | 35 | 11.548 |
| Cascarilla de arroz | | 0 | 17.280 | 10 | 14.100 | 15 | 13.180 |
| Girasol (Residuo de campo) | | 0 | 16.987 | 10 | 13.849 | 15 | 12.929 |
| Papel | Cartón, papel variado | 0 | 18.493 | 5 | 15.816 | 10 | 15.188 |
| | RSU (plástico cartón) | 0 | 21.171 | 5 | 18.744 | 10 | 17.615 |

Tabla 15. Contenido energético de algunos recursos englobados bajo el término biomasa residual seca (Fuente: Fundación CIRCE)

| Sustrato | Cantidad gas a 30°C (L/kg residuo seco) | Contenido en metano (%) | P.C.I. (kcal/m ³ N biogás) |
|----------------------|---|-------------------------|---------------------------------------|
| Estiércol con paja | 286 | 75 | 6.100 |
| Excrementos de vaca | 237 | 80 | 6.500 |
| Excrementos de cerdo | 257 | 81 | 6.600 |
| Agua residual urbana | 100 (m ³ agua tratado) | 65 | 5.300 |

Para evaluar la factibilidad técnica y económica de un proceso de conversión de biomasa en energía, es necesario considerar ciertos parámetros y condiciones que la caracterizan. Estos que se explican a continuación (y que se desarrollan con más detalle en III.10), determinan el proceso de conversión más adecuado y permiten realizar proyecciones de los beneficios económicos y ambientales esperados.

- **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 en particular. Por ejemplo, los desechos forestales indican el uso de los procesos de combustión directa o procesos termo-químicos; los residuos animales indican el uso de procesos anaeróbicos (bioquímicos), etc. El estado físico de la biomasa puede clasificarse según el tipo de recurso, como se indica en la Tabla 16. La granulometría del combustible ha de ser tal que permita el aprovechamiento energético del mismo. Esta debe estar adaptada al tipo de equipo y sistema de combustión. La granulometría es muy diversa, existiendo biomasas con un grano muy "fino", ejemplo del orujillo y otros de tamaño muy irregular y grande, ejemplo de la leña.
- **Composición química y física.**- Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar; por ejemplo, los desechos animales producen altas cantidades de metano, mientras que la madera puede producir el denominado "gas pobre", que es una mezcla rica en monóxido de carbono (CO). Por otro lado, las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar.
- **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.

Este parámetro afecta al contenido energético del combustible de una forma proporcional. Además hay que considerar que a medida que el combustible esté más seco, hasta ciertos límites, será mejor su comportamiento de combustión. Por tanto, la humedad es un factor muy importante a tener en cuenta a la hora de valorar el precio de una biomasa. En la Figura 24 se muestra cómo evoluciona el precio de una misma biomasa con la humedad superficial que contiene. En este caso se ha tomado como base de biomasa leña a un precio de 84.14 €/t, con una humedad del 35% y un poder calorífico inferior seco de 4.300 kcal/kg, considerando que el precio en unidades energéticas sería constante en todos los casos (0.03 €/te), aunque la eficacia del combustible no sería la misma.

Tabla 16. Estados típicos de la biomasa (Fuente: BUN-CA)

| Recursos de biomasa | Tipo de residuo | Características físicas |
|------------------------|--|-----------------------------------|
| Residuos forestales | Restos de serrado: corteza, aserrín, astillas | Polvo sólido HR > 50% |
| | Restos de ebanistería: aserrín, astillas | Polvo sólido HR 30-45% |
| | Restos de plantaciones: ramas, cortezas, raíces | Sólido HR > 55% |
| Residuos agropecuarios | Cáscara y pulpa de frutas y vegetales | Sólido, alto contenido en humedad |
| | Cáscara y polvo de granos secos | Polvo, HR < 25% |
| | Estiércol | Sólido, alto contenido en humedad |
| | Residuos de cosechas: tallos y hojas, cáscaras, maleza, etc. | Sólido HR > 55% |
| Residuos industriales | Pulpa y cáscara de frutas y vegetales | Sólido, humedad moderada |
| | Residuos de procesamiento de carnes | Sólido, alto contenido en humedad |
| | Aguas de lavado y precocido de carnes y vegetales | Líquido |
| | Grasas y aceites vegetales | Líquido, grasoso |
| Residuos urbanos | Aguas negras | Líquido |
| | Desechos domésticos orgánicos (sobre todo vegetales) | Sólido, alto contenido en humedad |
| | Basura orgánica (madera) | Sólido, alto contenido en humedad |

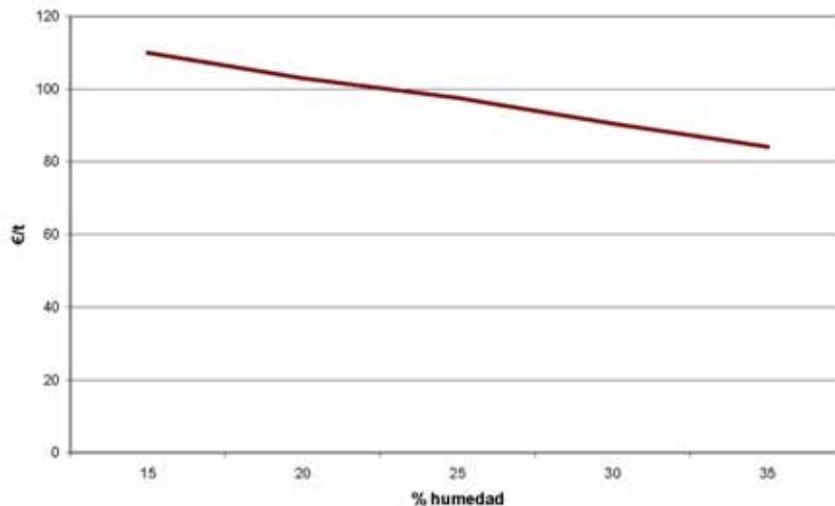


Figura 24. Variación del precio de los biocombustibles en función de la Humedad (Fuente: Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico - Junta Andalucía)

- **Porcentaje de cenizas.**- El porcentaje de cenizas 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; por ejemplo, la ceniza de la cascarilla de arroz es un excelente aditivo en la mezcla de cemento o para la fabricación de filtros de carbón activado. El contenido en cenizas de la mayor parte de las biomásas aprovechables ronda el 15% en peso seco. Esta cantidad repercute desfavorablemente en el comportamiento energético, ya que no es factible el aprovechamiento en energía útil de una importante parte del combustible. Otra característica importante es la composición de estas cenizas, ya que en general presentan un elevado contenido en álcalis, por lo que pueden dar problemas de sinterización debido a su baja temperatura de fusión. El análisis de las cenizas se suele realizar mediante espectroscopia de Absorción Atómica y los resultados se expresan como óxidos de los elementos analizados.

Respecto a la temperatura de fusión de las cenizas, resulta determinante para evaluar la capacidad de aglomeración de las mismas, originándose diferentes fenómenos:

- Clinkering: Si se produce en la parrilla. Si tiene forma de "torta" se le denomina matting.
 - Slagging: Acumulación de cenizas en las partes sometidas a radiación.
 - Fouling: Acumulación de cenizas en las partes sometidas a convección.
-
- **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.
 - **Densidad aparente.**- Esta se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta, bajo condiciones dadas. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos 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 cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.
 - **Recolección, transporte y manejo.**- Las condiciones para la recolección, el transporte y el manejo en planta de la biomasa son factores determinantes en la estructura de costos de inversión y operación en todo proceso de conversión energética. 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.

III.4.2 Aplicaciones energéticas de la biomasa

Cuando se desea generar energía con biomasa se puede optar por diferentes sistemas tecnológicos. La elección entre uno y otro depende de las características de los recursos, de la cuantía disponible y del tipo de demanda energética requerida. En general, los sistemas comerciales existentes en el mercado para utilizar la biomasa residual seca se pueden clasificar en función de que estén basados en la combustión del recurso o en su gasificación; los que aprovechan el contenido energético de la biomasa residual húmeda están basados en su digestión anaerobia y, por último, para ambos tipos de recursos, existen tecnologías que posibilitan la obtención de biocarburantes.

Tabla 17. Sistemas de aprovechamiento energético en función del tipo de recurso disponible (Fuente: Fundación CIRCE)

| TIPO DE RECURSO | SISTEMA DE APROVECHAMIENTO | PRODUCTO OBTENIDO |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|
| Biomasa residual seca | Basado en la combustión de recurso | Vapor |
| | | Aceite térmico |
| | | Agua caliente |
| | | Aire caliente |
| | Basado en la gasificación del recurso | Gas combustible ⁽¹⁾ |
| | | Gas de síntesis ⁽¹⁾ |
| | Producción de biocarburantes | Aceite vegetal ⁽²⁾ |
| | | Biodiesel ⁽²⁾ |
| | | Bioetanol ⁽²⁾ |
| ETBE ⁽²⁾ | | |
| Biomasa residual húmeda | Compostaje | Compost |
| | Digestión anaerobia | Biogas ⁽¹⁾ |
| | Basado en la combustión del recurso | |
| Cultivos energéticos | Basado en la gasificación del recurso | |
| | Producción de biocarburantes | Aceite vegetal ⁽²⁾ |
| | | Biodiesel ⁽²⁾ |
| | | Etanol ⁽²⁾ |
| | | ETBE ⁽²⁾ |
| ⁽¹⁾ Estos productos se pueden emplear para producir energía térmica o mecánica en un eje ⁽²⁾ Estos productos se pueden emplear para generar energía mecánica en un eje motor de combustión interna | | |

Multitud de recursos quedan agrupados bajo el término genérico "biomasa". Esta enorme variedad, unida a la capacidad de adaptación de las tecnologías

de aprovechamiento energético a los diferentes recursos existentes, causan que, en la actualidad, muchas de las actividades industriales podrían satisfacer toda o parte de su demanda energética con biomasa.

No obstante, para poder utilizar esta energía renovable es necesario cumplir dos condiciones:

1. Disponer de una fuente de biomasa cercana a precios razonables. Las empresas que disponen en sus propias instalaciones de biomasa residual son las que, con mayor facilidad, pueden plantearse la posibilidad de un aprovechamiento energético puesto que se suele tratar de unos recursos con valor de mercado muy bajo, pudiendo suponer incluso un coste el deshacerse de ellos. Las empresas que no disponen de biomasa residual propia pueden adquirir ésta en el mercado. Aunque todavía no del todo desarrolladas, ya existen cadenas de distribución de estos recursos que permiten adquirirlos a un coste enormemente competitivo frente a los tradicionales.
2. Tener unos consumos energéticos suficientes para que la instalación sea rentable. Mientras que para el aprovechamiento de algunos tipos de biomasa en la generación de energía térmica cualquier tamaño de instalación suele ser rentable, en el caso de producción de energía eléctrica o mecánica son necesarios unos consumos mucho más elevados.

Con biomasa se puede generar energía térmica (agua o aire caliente, vapor, etc.), energía eléctrica e incluso mecánica mediante el uso de biocarburantes en motores de combustión interna:

- **Generación de energía térmica.**- El sistema más extendido para este tipo de aprovechamiento está basado en la combustión de biomasa sólida, aunque también es posible quemar el biogás procedente de la digestión anaerobia de un residuo líquido o el gas de síntesis generado en la gasificación de uno sólido.

- **Generación de energía eléctrica.**- En función del tipo y cantidad de biomasa disponible varía la tecnología más adecuada a emplear para este fin:
 - 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 de vapor.
 - 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.

- **Cogeneración.**- Cuando una entidad presenta consumos térmicos y eléctricos importantes se puede plantear la instalación de un sistema de cogeneración, consistente en la producción conjunta de energía térmica y eléctrica. Esta tecnología presenta como gran ventaja la consecución de rendimientos superiores a los sistemas de producción de energía térmica o eléctrica por separado. El principio de funcionamiento de la cogeneración se basa en el aprovechamiento de los calores residuales de los sistemas de producción de electricidad. Aunque cada caso debe ser estudiado en detalle, en general la cogeneración es adecuada para empresas con consumos de energía eléctrica importantes, con un factor de utilización elevado (más de 5.000 h/año) y donde sea posible aprovechar energía térmica a temperatura media (alrededor de 400-500° C). Un sistema de cogeneración basado en la utilización de biomasa permite disminuir el coste de la factura, tanto la eléctrica (existiendo la posibilidad añadida de venta del excedente de electricidad) como la de combustibles fósiles.

Tanto los sistemas de generación de energía eléctrica como los de cogeneración requieren inversiones importantes, por lo que es preciso realizar un estudio muy cuidadoso y detallado antes de decidir implantarlos.

- **Generación de energía mecánica:** Los biocarburantes pueden ser empleados en los motores alternativos de automóviles, camiones, autobuses, etc., sustituyendo total o parcialmente a los combustibles fósiles. La utilización de biocarburantes es especialmente interesante en industrias agrarias que dispongan de una adecuada materia prima para su producción (aceites reciclados, colza, girasol, maíz, trigo, patata, etc.) y que puedan autoconsumirlos (por ejemplo en tractores), llegando a suponer importantes ahorros en la factura de los combustibles.

Tabla 18. Sistemas de generación de energía eléctrica con biomasa. Generalidades (Fuente: Fundación CIRCE)

| TECNOLOGÍA | BIOMASA | TAMAÑO | COMENTARIOS |
|-------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Ciclo de vapor | Sólida | > 4 MW eléctricos | |
| Turbina de gas | Gas de síntesis | > 1 MW eléctricos | Ideal Cogeneración |
| Ciclo combinado | Gas de síntesis | > 10 MW eléctricos | |
| Motor alternativo | Gas de síntesis o biogás | > 50 kW eléctricos | Ideal Cogeneración |

III.4.3 Procesos de conversión

Antes de que la biomasa pueda ser usada para fines energéticos, tiene que ser convertida en una forma más conveniente para su transporte y utilización. A menudo, la biomasa es convertida en formas derivadas tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad.

Las tecnologías de conversión incluyen desde procesos simples y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra; hasta procesos de alta eficiencia como la dendro-energía y la cogeneración.

La biomasa generalmente se transforma en calor, combustibles o electricidad, que conducen a la forma de energía útil requerida en cada caso. Algunos combustibles pueden obtenerse de la biomasa directamente por extracción (plantas productoras de hidrocarburos), pero es más frecuente someter la biomasa a distintas manipulaciones, según su naturaleza y contenido en

humedad, para su transformación en combustibles. Estas transformaciones pueden dividirse en dos grupos: procesos termoquímicos y procesos bioquímicos.

A continuación se presentan los procesos de conversión de biomasa más relevantes, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- Procesos de combustión directa.
- Procesos termo-químicos.
- Procesos bio-químicos.

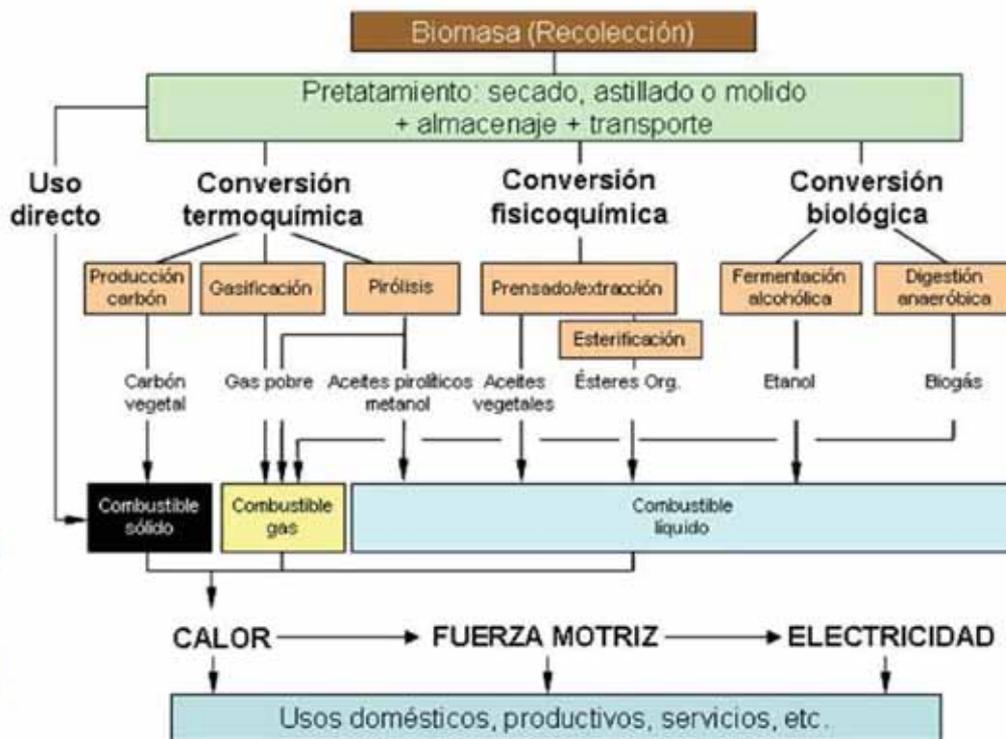


Figura 25. Transformaciones y aplicaciones energéticas de la biomasa

Tabla 19. Procesos de conversión de biomasa en energía

| Tipo de Biomasa | Características Físicas | Procesos de conversión aplicables | Producto final | Usos |
|---|---|--|--|---|
| Materiales orgánicos de alto contenido en humedad | Estiércoles de Residuos de alimentos Efluentes industriales Residuos urbanos | Digestión anaeróbica y fermentación alcohólica | Biogás Metanol Etanol Biodiesel | Motores de combustión Turbinas de gas Hornos y calderas Estufas domésticas |
| Materiales lignocelulósicos (cultivos energéticos, residuos forestales de cosechas y urbanos) | Polvo Astillas Pellets Briquetas Leños Carbón vegetal | Densificación Combustión directa Pirólisis Gasificación | Calor Gas pobre Hidrógeno Biodiesel | Estufas domésticas Hornos y calderas Motores de combustión Turbinas de gas |

III.4.4 Procesos de combustión directa

Esta es la forma más antigua y más común, hasta hoy, para extraer la energía de la biomasa. Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, como por ejemplo, para la cocción de alimentos o para el secado de productos agrícolas. Además, éste se puede aprovechar en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad. Las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples, como estufas, hornos y calderas, hasta otros más avanzados como combustión de lecho fluidizado.

Los procesos tradicionales de este tipo, generalmente, son muy ineficientes porque mucha de la energía liberada se desperdicia y pueden causar contaminación cuando no se realizan bajo condiciones controladas. Estos resultados se podrían disminuir considerablemente con prácticas mejoradas de operación y un diseño adecuado del equipo. Por ejemplo, secar la biomasa antes de utilizarla reduce la cantidad de energía perdida por la evaporación del agua y para procesos industriales, usar pequeños pedazos de leña y atender continuamente el fuego supliendo pequeñas cantidades resulta en una combustión más completa y, en consecuencia, en mayor eficiencia. Asimismo, equipos como los hornos se pueden mejorar con la regulación de la entrada del

aire para lograr una combustión más completa y con aislamiento para minimizar las pérdidas de calor.

Densificación

Esta se refiere al proceso de compactar la biomasa en "briquetas", para facilitar su utilización, almacenamiento y transporte. Las briquetas son para usos domésticos, comerciales e industriales. La materia prima puede ser aserrín, desechos agrícolas y partículas de carbón vegetal, el cual se compacta bajo presión alta.

Tabla 20. Métodos desarrollados para la combustión directa de residuos sólidos

| Producto | Tecnología | Usos | Características |
|----------------|---|--------------------|--|
| Polvos | Quemadores de polvo | De moderado a bajo | <ul style="list-style-type: none"> - Costo de inversión elevado - Facilita su empleo, incluyendo la escala doméstica - Mejora la eficiencia y las características de combustión |
| Astillas | Hornos, calderas en suspensión y lecho fluidizado | De moderado a bajo | |
| Pellets | | | |
| Briquetas | Hornos y calderas de parrilla | De moderado a bajo | <p>El tamaño dificulta el empleo en dispositivos de alta eficiencia, requiere procesamiento</p> <p>Disminuye la eficiencia energética total, pero su uso es más conveniente con menos humo</p> |
| Leñosos | Hornos y calderas, estufas domésticas | Amplio | |
| Carbón vegetal | Estufas domésticas | | |

III.4.5 Procesos térmico-químicos

Estos métodos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están bien adaptados al caso de la biomasa seca, y, en particular, a los de la paja y de la madera.

Estos procesos transforman la biomasa en un producto de más alto valor, con una densidad y un valor calorífico mayor, los cuales hacen más conveniente su utilización y transporte.

Cuando la biomasa es quemada bajo condiciones controladas, sin hacerlo completamente, su estructura se rompe en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos que pueden ser usados como combustible para generar calor y

electricidad. Dependiendo de la tecnología, el producto final es un combustible sólido, gaseoso, o combustible líquido. El proceso básico se llama pirólisis o carbonización e incluye la combustión del recurso y la gasificación del mismo.

Sistemas Basados en la Combustión del recurso

Los subproductos de origen animal no destinados al consumo humano se recuperan cada vez más para fines energéticos, en particular en el biogás y el biodiésel. El progreso tecnológico y científico da lugar al desarrollo constante de nuevos procesos de producción. La Comisión volverá a estudiar el marco reglamentario para la autorización de este tipo de procesos, para que puedan ser accesibles nuevas fuentes de energía, al tiempo que se mantiene un elevado nivel de protección de la salud pública y animal.

La combustión directa u oxidación completa para dar dióxido de carbono, agua, cenizas y calor (único componente energético útil del proceso), es el sistema más elemental para la recuperación energética de la biomasa. Los factores más importantes a considerar en este proceso son:

- Exceso de oxígeno: 20 - 40%
- Temperatura de combustión: 600 - 1.300 °C
- Características del combustible:
 - Físicas: densidad, tamaño y humedad (la menor posible)
 - Químicas: bajo contenido en azufre
 - Térmicas: dependen de las físicas y las químicas

Con los equipos que en la actualidad existen en el mercado se pueden conseguir rendimientos de combustión muy elevados, que pueden 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 equipos de combustión, hacen que, en estos momentos, si se dispone de biomasa y es necesario cubrir una demanda térmica en la empresa, 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 las siguientes unidades:

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

Existen diferentes tecnologías para llevar a cabo la combustión de la biomasa: caldera de parrilla, cámara torsional, combustor en lecho fluido, etc. En función de las características del recurso y de la demanda (energía a baja o a alta temperatura y cantidad de la misma a suministrar) es más idóneo uno que otros pero en todos los casos, los avances tecnológicos antes mencionados, proporcionan tanta seguridad y confort como los sistemas basados en combustibles fósiles.

La energía obtenida puede destinarse a la producción de calor (en forma de agua o de aire caliente) para el uso doméstico o industrial y a la producción de electricidad. La eficacia térmica de la combustión es elevada, siendo el rendimiento global del proceso del 30%. Este método se utiliza en la actualidad en las industrias azucarera, papelera y de derivados de la madera, siendo cada vez más importante su aplicación a las basuras urbanas.

Es necesario destacar finalmente la combustión en el ámbito doméstico, utilizada desde hace ya muchos años y actualmente de nuevo en gran auge. Los modernos diseños de estufas de leña proporcionan un mejor aprovechamiento del calor y una emisión de humos mucho menor que los sistemas convencionales.

Producción de carbón vegetal

Este proceso es la forma más común de la conversión termo-química de temperatura mediana. La biomasa se quema con una disponibilidad restringida de aire, lo cual impide que la combustión sea completa. El residuo sólido se usa como carbón vegetal, el cual tiene mayor densidad energética que la biomasa original, no produce humo y es ideal para uso doméstico. Usualmente, este carbón es producido de la madera, pero también se usan otras fuentes como cáscara de coco y algunos residuos agrícolas. La forma más antigua, y probablemente aún la más empleada para producirlo, son los hornos de tierra y los de mampostería. El primero es una excavación en el terreno en la que se coloca la biomasa, la cual es luego cubierta con tierra y vegetación para prevenir la combustión completa. Los segundos son construidos de tierra, arcilla y ladrillo. Los hornos modernos son conocidos como retortas y fabricados en acero; conllevan cierta complejidad por su diseño y operación, lo que incrementa considerablemente los costos de inversión en comparación con los tradicionales, pero eleva su eficiencia y capacidad de producción, así como la calidad del producto

Sistemas basados en la gasificación del recurso

Cuando se desea generar energía térmica y/o eléctrica con biomasa, ésta se puede introducir en equipos por **pirólisis**. La pirólisis es la combustión incompleta en ausencia de oxígeno, en los que por la acción del calor (unos 500 °C), hacen que se descomponga térmicamente el recurso, transformándose en gases, líquidos y cenizas sólidas denominadas "coque" de pirólisis. Las proporciones relativas de los elementos producidos dependen de la composición de los residuos, de la temperatura y del tiempo que ésta se aplique. Se utiliza desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal. Aparte de este, 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 combustible puede emplearse de forma similar a como se utilizan el gas natural u otros combustibles gaseosos tradicionales y puede servir para accionar motores diesel, o para producir electricidad, o para mover vehículos.

Una variante de la pirólisis, llamada pirólisis flash o rápida, llevada a 1000 grados centígrados en menos de un segundo, tiene la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa maximizando el producto líquido. Si se aplican temperaturas más bajas durante períodos de tiempo más largos, predominarán las cenizas sólidas. De todas formas, la gasificación total puede obtenerse mediante una oxidación parcial de los productos no gaseosos de la pirólisis.

Estos equipos presentan la ventaja de que poseen, cuando se trabaja con potencias reducidas o con 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 ocurre 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.

Las instalaciones en la que se realizan la pirólisis y la gasificación de la biomasa reciben el nombre de **gasógenos**. El gas pobre producido puede utilizarse directamente como se indica antes, o bien servir la base para la síntesis de un alcohol muy importante, el metanol, que podría sustituir las gasolinas para la alimentación de los motores de explosión (carburol). Así, los productos obtenidos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Gases compuestos por hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos.
- Líquidos hidrocarbonatos: Compuesto por una gran mezcla de distintos productos como pueden ser: cetonas, ácido acético, compuestos aromáticos, y otras fracciones más pesadas.

- Residuos sólidos carbonosos, que pueden ser utilizados como combustible o para la producción de carbón activo.

Las materias primas que se estudian actualmente para someterlas a este proceso son los subproductos agrícolas y forestales y los residuos sólidos urbanos; precisamente, las mejores perspectivas de tratamiento de los residuos sólidos urbanos se encuentran en el campo de la pirólisis, orientándose las directrices de tratamiento respecto a la obtención de productos hacia los líquidos y los sólidos.

Existen diferentes tipos de Pirolisis en función de las condiciones físicas en las que se realice. Así, factores como la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia, la presión, etc., tienen una influencia muy grande en la distribución de productos que se obtienen. Un resumen de estos procesos se puede ver en Tabla 21.

Tabla 21. Tipos de pirólisis en función de las condiciones físicas (Fuente: Laboratorio de energías renovables)

| Pirólisis | Tiempo Residencia | Velocidad calentamiento | Presión Bar | Temp. °C máx | Producto mayoritario |
|---------------|-------------------|-------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Carbonización | Horas - días | Muy Baja | 1 | 400 | Sólido |
| Convencional | 5-30 min | Baja | 1 | 600 | Gas liq y sólido |
| Fast | 0.5 – 5 seg | Muy alta | 1 | 650 | Líquido |
| Flash-líquido | < 1 seg | Alta | 1 | <650 | Líquido |
| Flash-gas | < 1 seg | Alta | 1 | >650 | Gas |
| Ultra | <0.5 seg | Muy alta | 1 | 1000 | Gas P. Químico |
| Vacio | 2-30 seg | Media | < 0.1 | 400 | Líquido |

De todos estos la carbonización es quizá el proceso de pirolisis conocido desde hace más tiempo de todos los mostrados en el cuadro anterior, y el que más importancia tiene industrialmente para la producción de carbón vegetal. Esta carbonización se puede llevar a cabo en diferentes tipos de instalaciones (Tabla 22).

En definitiva, la pirólisis parece ser un buen método para la obtención de energía a partir de biomasa seca y, quizás, el mejor para convertir los residuos sólidos urbanos en compuestos de interés económico. Las investigaciones en

marcha permiten contemplar un futuro muy interesante en la aplicación de la pirólisis como procedimiento para convertir la biomasa en energía útil.

Tabla 22. Sistemas de carbonización de la biomasa (Fuente: Laboratorio de energías renovables)

| SISTEMA | VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|-------------------|---|---|
| Apilamiento | Poca inversión Capacidad muy variable Cualquier lugar | Poco control Producto muy heterogéneo Coste de mano de obra |
| Horno de ladrillo | Bien aislado, resistente a la corrosión Manejo fácil Larga vida Producto homogéneo | Preparación del material Capacidad fija Enfriamiento lento, ciclo largo |
| Horno de metal | Posibilidad de movilidad Enfriamiento rápido, ciclo corto | Baja vida Inversión más alta |
| Continuo | Gran homogeneidad Recuperación de energía Automatización | Tecnología más compleja |

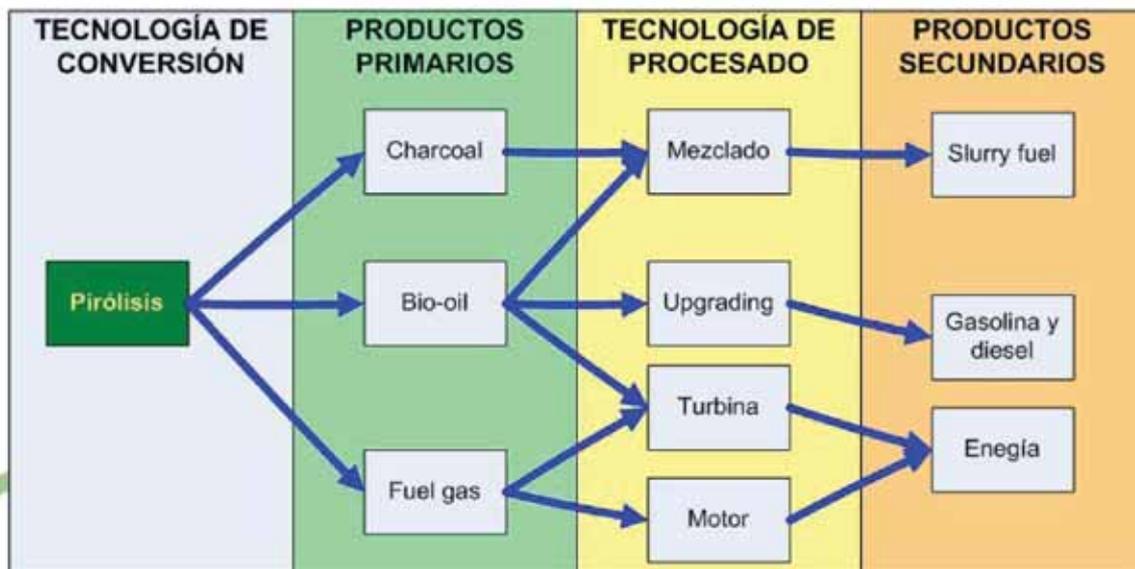


Figura 26. Elementos procedentes de la pirólisis (Fuente: Laboratorio de Energías Renovables)

III.4.6 Métodos bio-químicos

La biomasa residual húmeda, o lo que es lo mismo, las aguas residuales de origen orgánico, es aquella que aparece como resultado de la actividad humana en instalaciones agropecuarias, urbanas e industriales y que, por su

contenido en agua y materia orgánica, puede ser tratada mediante un proceso biológico.

Estos procesos biológicos permiten el aprovechamiento del potencial energético de este tipo de biomasa, disminuyen su carga contaminante y generan subproductos estabilizados con valor fertilizante. De todos los procesos, el compostaje y la digestión anaerobia son los más empleados y ya se encuentran a escala comercial.

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.

Tabla 23. Composición del biogás (Fuente: Fundación CIRCE)

| Composición media del biogás y poder calorífico inferior de sus componentes (15,55 °C y 1 atm) | | |
|---|----------|--|
| CH ₄ | 60-80% | 8.145 kcal/m ³ |
| CO ₂ | 20-40% | |
| H ₂ | 1-3% | 2.441 kcal/m ³ |
| O ₂ | 0.1-1 % | |
| CO | 0-0.1 % | 2.868 kcal/m ³ |
| N ₂ | 0.5-3% | |
| SH ₂ , NH ₃ | 0.5-1% | 5.552 kcal/m ³ (SH ₂) |
| H ₂ O | Variable | |

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 el 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.

Fermentación alcohólica

La 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. El proceso se basa en el almacenamiento por parte de las plantas de la energía solar en forma de hidratos de carbono a partir de los cuales se puede obtener alcohol por fermentación, siguiendo diferentes etapas en función del tipo de biomasa de partida. Estas etapas son las siguientes:

- **Pretratamiento de la biomasa:** transformación de la materia prima para favorecer la fermentación por medio de trituración, molienda o pulverización.
- **Hidrólisis:** transformación, en medio acuoso, de las moléculas complejas en azúcares sencillos por medio de enzimas (hidrólisis enzimática) o mediante el uso de reactivos químicos (hidrólisis química)
- **Fermentación alcohólica:** conversión de los azúcares en etanol por la acción de microorganismos (levaduras) durante 2 a 3 días bajo condiciones controladas de:
 - Temperatura: 27 - 32 °C
 - Acidez: pH entre 4 y 5
 - Concentración de azúcares: inferior al 22%
 - Concentración final de etanol: inferior al 14%

- **Separación y purificación del etanol:** destilación de la masa fermentada para obtener etanol comercial del 96% o destilación adicional con un disolvente (benceno) para obtener etanol absoluto (99,5%)

El etanol obtenido tiene numerosas aplicaciones industriales como disolvente y como combustible. En este aspecto se ha estudiado el etanol como sustitutivo de la gasolina, habiéndose determinado las siguientes propiedades relativas:

- Poder calorífico menor: menor potencia y mayor consumo.
- Calidad antidetonante mayor (mayor índice de octano): mayor aceleración y velocidad punta.
- Calor de vaporización mayor: dificultades en el arranque pero mayor rendimiento.
- Punto de ebullición constante: problemas de arranque.

Estas características muestran que el etanol y la gasolina no son combustibles intercambiables. Sin embargo, se pueden hacer las siguientes modificaciones en un motor de gasolina que ha de trabajar con etanol:

- Aumento de la relación de compresión.
- Recalibrado del carburador.
- Calentamiento del aire de entrada al carburador.
- Modificación del sistema de encendido.
- Uso de bujías especiales.

En estas condiciones se consigue un 15% de incremento de potencia y menos emisiones de monóxido de carbono, pero a costa de un consumo alrededor de un 20% superior.

También se puede usar etanol absoluto (ya que el agua causaría problemas de miscibilidad) para añadirlo a la gasolina, mezcla conocida como "gasohol" (10% de etanol). Ello permite reducir la adición de compuestos de plomo y evitar

tratamientos adicionales para mejorar la calidad de la gasolina, pudiéndose utilizar esta mezcla en un motor convencional.

El que no exista suficiente producción de etanol, unido a la necesidad de motores especiales aconsejaría, de momento, el uso de gasohol para ahorrar energía convencional mediante el uso de energía de la biomasa. Sin embargo, el futuro en este campo es alentador, principalmente si se consigue mejorar la economía del proceso.

Fermentación metánica

La fermentación metánica es la digestión anaerobia de la biomasa por bacteria. Es idónea para la transformación de la biomasa húmeda (más del 75% de humedad relativa), especialmente los residuos ganaderos y los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas. En los fermentadores, o digestiones, la celulosa es esencialmente la sustancia que se degrada en un gas, que contiene alrededor de 60% de metano y 40% de gas carbónico. Aunque la digestión anaerobia es un proceso ampliamente conocido en la práctica, se posee en la actualidad una información muy limitada sobre su química y su microbiología. Las variables que influyen en el proceso son las siguientes:

- **Temperatura:** se encuentra un óptimo de funcionamiento alrededor de los 35°C.
- **Acidez:** determina la cantidad y el porcentaje de metano en el biogás, habiéndose encontrado que el valor óptimo de pH oscila entre 6,6 y 7,6.
- **Contenido en sólidos:** se suele operar en mejores condiciones con menos de un 10% en sólidos, lo que explica que la biomasa más adecuada sea la de alto contenido en humedad.
- **Nutrientes:** para el crecimiento y la actividad de las bacterias, éstas tienen que disponer de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales.

- Tóxicos: aparte del oxígeno, inhiben la digestión concentraciones elevadas de amoníaco, sales minerales y algunas sustancias orgánicas como detergentes y pesticidas.

El dispositivo mas simple de digester está formado por un recipiente cerrado, de base cónica saliente, dotado con un conducto lateral para la entrada de los residuos, otro superior de escape del gas y un tercero inferior para evacuar los demás productos de la digestión (digester discontinuo). Los digestores mas perfeccionados disponen de un agitador y de un calefactor que regulan la homogeneidad y la temperatura del proceso (digester de mezcla completa), y de otros sistemas para enriquecer la flora bacteriana (digestores de contacto y de filtro anaerobio).

Una instalación básica comprende el sistema de almacenamiento y alimentación, el digester y los depósitos de gas y de los demás productos resultantes de la digestión. Existen varios tipos de digestores, y su tamaño viene determinado por tres variables independientes, concentración de sólidos degradables, velocidad de alimentación de sólidos y tiempo de permanencia de los sólidos en el digester.

El producto principal de la digestión anaerobia es el biogás, mezcla gaseosa de metano (50 a 70%) y dióxido de carbono (30 a 50%), con pequeñas proporciones de otros componentes (nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno), cuya composición depende tanto de la materia prima como del proceso en sí. La cantidad de gas producido es muy variable, aunque generalmente oscila alrededor de los 350 l/kg de sólidos degradables, con un contenido en metano del 70%. Aunque su potencia calorífica no es muy grande, puede sustituir al gas ciudad con ventaja, utilizándose en las siguientes aplicaciones:

- Fuente de calor (cocina, alumbrado).
- Combustión en calderas de vapor para calefacción.
- Combustible de motores acoplados a generadores eléctricos.

Por su parte, el efluente de la digestión está compuesto por diversos productos orgánicos e inorgánicos y se puede utilizar tanto en la fertilización de suelos, con excelentes resultados, como en alimentación animal, aspecto aún en vías de investigación.

III.4.7 Producción de biocarburantes

Se puede distinguir entre la producción de biocarburantes destinados a su utilización en vehículos con motor diesel 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 diesel tradicional y los segundos de cultivos o especies vegetales ricas en azúcares (remolacha, patata, 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 diesel 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 biodiesel. Este biodiesel 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 biodiesel, 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.

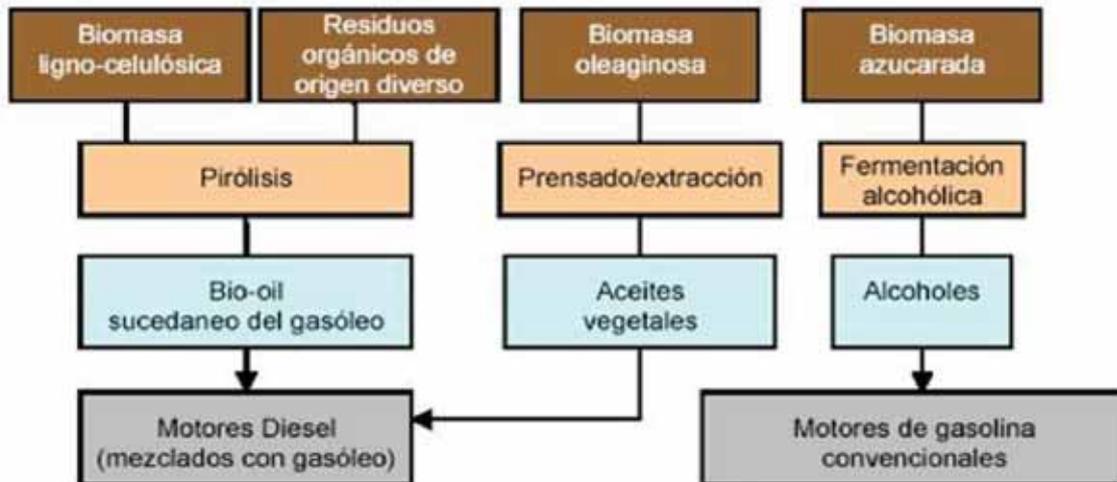


Figura 27. Obtención de biocarburantes (líquidos).

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 de biocarburantes. 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.).

III.4.8 Combustión y emisiones

Aplicando los diferentes procesos de conversión, la biomasa se puede transformar en diferentes formas de energía:

- **Calor y vapor:** es posible generar calor y vapor mediante la combustión de biomasa o biogás. El calor puede ser el producto principal para aplicaciones en calefacción y cocción, o puede ser un subproducto de la generación de electricidad en ciclos combinados de electricidad y vapor.

- **Combustible gaseoso:** el biogás producido en procesos de digestión anaeróbica o gasificación puede ser usado en motores de combustión interna para generación eléctrica, para calefacción y acondicionamiento en el sector doméstico, comercial e institucional y en vehículos modificados.
- **Biocombustibles:** la producción de biocombustibles como el etanol y el biodiesel tiene el potencial para reemplazar cantidades significativas de combustibles fósiles en muchas aplicaciones de transporte. El uso extensivo de etanol en Brasil ha demostrado, durante más de 20 años, que los biocombustibles son técnicamente factibles a gran escala. En los Estados Unidos y Europa su producción está incrementándose y se están comercializando mezclados con derivados del petróleo. Por ejemplo, la mezcla denominada E20, constituida 20% de etanol y 80% de petróleo, resulta aplicable en la mayoría de motores de ignición. Actualmente, este tipo de combustible es subsidiado por los gobiernos, pero, en el futuro, con el incremento en los cultivos energéticos y las economías de escala, la reducción de costos puede hacer competitiva su producción.
- **Electricidad:** la electricidad generada a partir de los recursos biomásicos puede ser comercializada como "energía verde", pues no contribuye al efecto invernadero por estar libre de emisiones de dióxido de carbono (CO_2). Este tipo de energía puede ofrecer nuevas opciones al mercado, ya que su estructura de costos permitirá a los usuarios soportar mayores niveles de inversión en tecnologías eficientes, lo cual incrementará la industria bioenergética.
- **Co-generación** (calor y electricidad): la co-generación se refiere a la producción simultánea de vapor y electricidad, la cual se aplicaría en muchos procesos industriales que requieren las dos formas de energía.

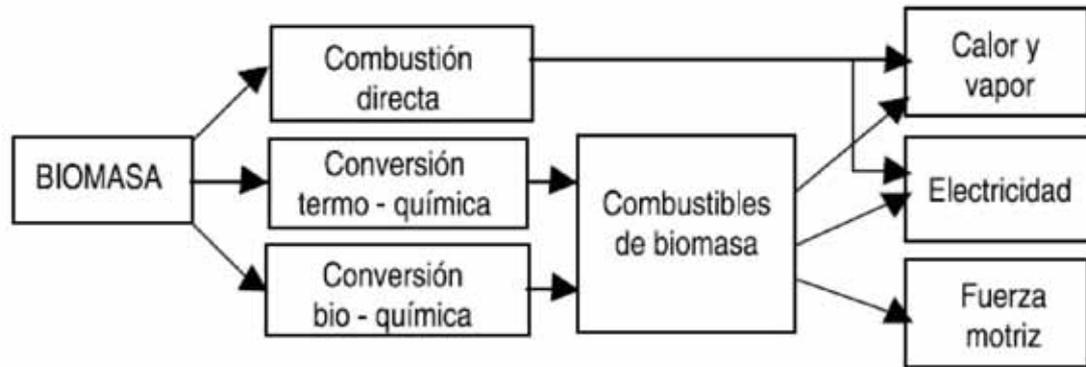


Figura 28. Procesos de conversión y formas de energía (Fuente: BUN-CA)

La biomasa consiste, principalmente, en carbono y oxígeno. También contiene hidrógeno, un poco de nitrógeno, azufre, ceniza y agua, dependiendo de la humedad relativa.

Cuando ésta se quema, se efectúa una reacción química que combina su carbono con oxígeno del ambiente, formándose dióxido de carbono (CO_2) y combinando el hidrógeno con oxígeno para formar vapor de agua. Cuando la combustión es completa, o sea la biomasa se quema totalmente, todo el carbón se transforma en CO_2 . Sin embargo, los árboles y plantas que están creciendo capturan nuevamente el CO_2 de la atmósfera y, al usar la biomasa en forma sostenible, en términos netos, no se agrega CO_2 a la atmósfera.

No obstante, cuando la combustión no es completa, se forman monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HCs, por ejemplo metano), N_2O y otros materiales. Estos sí pueden generar impactos serios en la salud de los usuarios. También son gases de efecto invernadero, por lo que se debería minimizar su formación.

Existen dos razones por las cuales la combustión de biomasa puede resultar incompleta:

- Cuando la entrada de aire no es adecuada, pues no hay suficiente oxígeno disponible para transformar todo el carbono en CO_2 . Esto puede ser causado por el diseño inadecuado del equipo, la falta de ventilación y la sobrecarga con el combustible.

- Cuando la biomasa tiene una humedad alta, o sea está demasiado mojada; entonces, la temperatura de combustión no es suficientemente elevada como para completar las reacciones químicas

III.5 Gestión de recursos leñosos

Los Recursos Leñosos son el resultado de las fases y el tratamiento sufridos por los residuos generados en las labores propias de los cultivos forestales y agrícolas. Estos residuos son importantes debido a que en su mayor parte no se están aprovechando, sino que están siendo eliminados debido a razones de prevención de incendios o fitosanitarios.

Silvicultura

Cerca del 35 % de la madera que crece anualmente en los bosques de la UE no se utiliza. En muchos países existe sólo un mercado limitado para la madera pequeña procedente de las claras, que pueden utilizarse para producir calor y electricidad. La mayoría de los recursos sin utilizar se encuentran en pequeñas explotaciones particulares, lo que dificulta su movilización. Algunos países han abordado este problema estableciendo cadenas de suministro asociadas a las instalaciones existentes y apoyando la organización de sistemas logísticos, la cooperación entre propietarios forestales y el transporte. La Comisión intentará divulgar las lecciones aprendidas de esta experiencia y apoyará iniciativas semejantes en otros países. La Comisión está preparando un plan de acción forestal, que será adoptado en 2006; en él se abordarán los usos energéticos de la madera. La Comisión volverá a examinar el impacto del uso energético de la madera y de los residuos de madera en las industrias forestales.

Residuos

Los residuos son un recurso energético infrautilizado. La Comisión está desarrollando una estrategia temática sobre la prevención y reciclado de los residuos y está elaborando una propuesta sobre la revisión de la legislación marco en materia de residuos. Entre las opciones que se están estudiando destacan:

- fomento de técnicas de gestión de residuos que reducen el impacto medioambiental del uso de residuos como combustible;
- adopción de un enfoque de mercado para las actividades de reciclado y recuperación;
- desarrollo de normas técnicas que permitan que los materiales recuperados se consideren bienes (lo que haría más fácil su uso para fines energéticos);
- fomento de la inversión en técnicas de eficiencia energética para el uso de los residuos como combustible.

III.5.1 Residuos forestales

Para el tratamiento de estos residuos podemos considerar tres fases que completarían el proceso generación, transformación y utilización:

- **1ª Fase:** Esta fase es desarrollada en el campo, comprende la realización de los trabajos que generan los residuos (poda, desbroce...), la recogida y astillado mediante equipos móviles.
- **2ª Fase:** Ésta tiene lugar en la planta fija localizada en las proximidades de la zona de generación y consumo. Su finalidad es servir como almacén regulador y adaptar el producto hasta conseguir las características finales requeridas para su procesamiento.
- **3ª Fase:** Consiste en el aprovechamiento energético del producto en la fase activa.

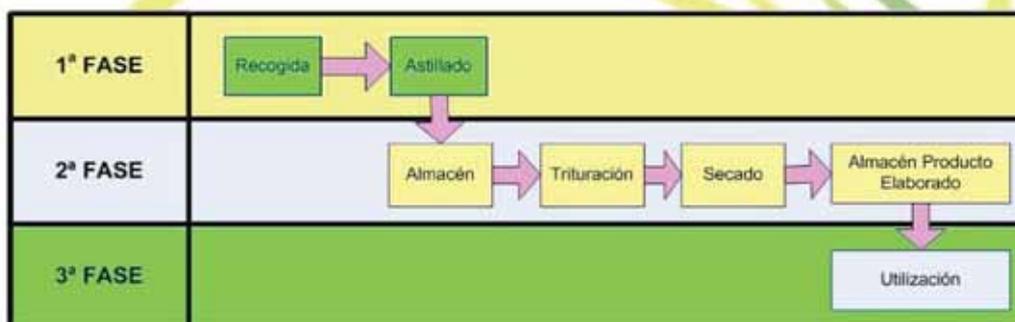


Figura 29. Tratamiento de residuos leñosos (Fuente: Laboratorio de Energías Renovables, Elaboración Propia)

El dimensionamiento de las plantas debe realizarse de forma que exista una abundante disponibilidad de recursos como para cubrir con amplitud su capacidad de tratamiento y simultáneamente se disponga de un mercado potencial cercano, que permita asegurar la colocación del producto.

Recogida y tratamiento

Esta etapa se puede considerar como una primera etapa, que permite acceder a los residuos agrícolas o forestales. Para esta fase puede ser útil el empleo de astilladoras móviles, el objetivo de estas es convertir en astillas las maderas de pequeños árboles, restos de podas,..., cuyo transporte en bruto no sería económica o técnicamente factible.

El proceso, **para árboles**, consiste en las siguientes operaciones:

- **Corta.**- Operación forestal o agrícola que genera el residuo y justificada según criterios de aprovechamiento principal
- **Extracción.**- Tras la corta se realiza la extracción del material a lugares accesibles a los equipos que realizan el astillado o triturado posterior. Para la extracción se utiliza maquinaria móvil que debe de estar adaptada a las condiciones específicas de cada tipo de cultivo y suelen ser tractores con el complemento correspondiente de autocargadores. La elección de los medios mecánicos es un compromiso adoptando el de mayor capacidad que se puede mover con facilidad en las condiciones de cada tipo de cultivo en concreto
- **Astillado.**- Para realizar la operación de astillado, lo habitual es trabajar en las pistas, ya que hacerlo directamente sobre la corta requiere equipos de muy pequeña capacidad con gran intensidad de mano de obra.
- **Transporte primario**

Plantas de tratamiento

Estas instalaciones están orientadas al tratamiento final del producto resultante de la etapa anterior. Las características de la materia prima empleada, así como de las que se deseen para el producto final, condicionarán el proceso y el

equipamiento. Además la planta de tratamiento tiene por finalidad regular el suministro, adaptando en el tiempo la producción y la demanda.

Otro caso sería el tratamiento de **especies arbustivas**:

- **Selección y puesta a disposición de emplazamientos.** La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León se encargará de localizar los montes en que se llevarán a cabo los trabajos de limpieza y extracción. Además se encargará de contactar con las Entidades Locales y particulares propietarios de los mismos y facilitará el desarrollo de los trabajos en dichos emplazamientos.
- **Trabajos selvícolas y culturales para obtención de biomasa.** Este tipo de trabajos podrá realizarse sobre montes arbolados, en montes con arbolado muy ralo, esto es, con cabida cubierta inferior al 20%, en los que domina el matorral o, en los que es exclusivo este último tipo de formación. Los trabajos a realizar podrán consistir en:
 - **Apeo de Pies con Diámetros no Comerciales.** Se considerará «Pies No Comerciales» a aquellos que tengan un diámetro normal inferior a 10 centímetros o, los que por sus características morfológicas o de cualquier otra índole que concurriera, indicase el Director de Obra. Procedimiento operativo: Se procederá al apeo de los pies que corresponda, según el criterio selvícola que indique el Director de Obra respecto al número de pies que deba apearse por Hectárea y pautas sobre los que deberán ser catalogados como apeables. Para facilitar las posteriores labores de cosecha del material apeado, el derribo se realizará de manera dirigida, teniendo en cuenta las circunstancias que afecten a la eficacia de dicha labor y de los equipos que participen en ella. En términos generales será preferible que la cosecha se realice bajo la modalidad «árbol entero». No obstante, en función de los aspectos particulares que concurren en cada actuación, los árboles apeados podrán ser adicionalmente desramados y descopados e incluso, tronizados sus fustes. También, en aras de una mayor efectividad de la cosecha, los productos generados por el apeo podrán ser objeto de un ligero desplazamiento

u orientación, manipulaciones que en su caso, realizaría el propio personal que se ocupara del apeo. Recursos: Herramientas: Zapas, Garras para manejo de madera de pequeñas dimensiones; Otras herramientas manuales; Motosierras; Motodesbrozadoras. Maquinaria: Eventualmente, si hubiera a disposición, se utilizará Feller-Bunchers. Materiales: No ha lugar. Personal: Motosierristas experimentados. Observaciones: Se observará el comportamiento de las normas del «buen hacer», para prevenir «pies colgados» y los aspectos en materia de seguridad sobre la manera de descolgarlos. En cualquier caso, no se permitirá la permanencia de árboles talados que queden apoyados en los adyacentes.

- **Poda.** Se empleará los procedimientos y criterios habituales para este tipo actuación y todas las demás consideraciones que indique el Director de Obra en lo que se refiere a este tipo de labor. Los trabajos de poda podrían ser complementarios a los clareos que implican apeo de pies no comerciales. Procedimiento operativo: Se podará los árboles que corresponda según las indicaciones del Director de Obra en cuanto a altura de poda y criterios sobre los que deberán ser afectados por esta operación. En caso de que la poda se integrara en la actuación de manera complementaria al clareo, será preferible, salvo que las circunstancias aconsejen lo contrario, proceder previamente al apeo de los árboles, según lo descrito en el apartado anterior. Si así se aconsejara, las ramas podadas podrán orientarse o desplazarse de la manera más conveniente para facilitar su cosecha, ocupándose de esta manipulación el propio personal de poda. Recursos: Herramientas: Serruchos manuales simples o provistos de pértigas, Motopodadoras simples o telescópicas. Maquinaria: No ha lugar. Materiales: No ha lugar. Personal: Podadores experimentados. Observaciones: Sin observaciones especiales.
- **Rozas o Apeo de Matorral.** Aunque se trata de operaciones que podrían ser complementarias de los clareos, de las podas o de ambos tipos de actuación, corresponden de una manera habitual a trabajos que se realiza en montes con arbolado muy ralo, donde predomina el

matorral o en los que es exclusivo este último tipo de formación. Procedimiento operativo: Se procederá al apeo del material arbustivo y subarbustivo que corresponda, según los criterios e indicaciones del Director de Obra en cuanto a las especies a apearse y configuración superficial de la actuación (por fajas, por recintos, etc.). El corte se realizará tan próximo al suelo como sea posible, tratando de imprimir la orientación más adecuada al matorral apeado, para que su cosecha sea más eficiente. Recursos: Herramientas: Motodesbrozadoras Maquinaria: No ha lugar Materiales: No ha lugar Personal: Motosierristas experimentados Observaciones: El descuaje está contraindicado, puesto que se pretende cosechar el matorral para co-combustión en centrales térmicas.

- **Recogida de biomasa.** Son actuaciones, correspondientes a la fase monte, que configuran la cosecha de la biomasa que se genera a través de los trabajos selvícolas y culturales descritos anteriormente, de manera que ésta quede disponible en condiciones adecuadas para su astillado carga y transporte a plantas de generación eléctrica, racionalizando el funcionamiento de la maquinaria implicada en tales labores. En el ámbito del presente convenio, la cosecha de biomasa podría realizarse también sobre aquellos residuos que hubieran quedado dispersos como consecuencia de cortas comerciales (claras, aclareos o, cortas finales), realizadas por terceros. Este trabajo se puede realizar de manera manual o mecanizada, limitándose la ejecución manual a los casos en que la mecanización quede restringida por motivos de seguridad, movilidad o transitabilidad.
 - Procedimiento Operativo. Los productos procedentes de trabajos selvícolas y culturales o de cortas comerciales deberán: Acordonarse según línea de máxima pendiente o líneas de nivel, según las circunstancias. El espaciamiento entre ejes de cordones dependerá de la intensidad y características de la biomasa a cosechar, del tipo de equipamiento empleado para el acordonado y posterior empacado y, de sus posibilidades de movilidad y transitabilidad. Amontonarse en lugares apropiados, distribuidos en el recinto de actuación, a los que

pueda tener alcance la máquina de empacado. El espaciamiento entre montones dependerá de los mismos aspectos que en el caso de acordonado. Disponerse en campos centralizadas donde serán empacados. Aproximarse simplemente a la máquina de empacado, a las diferentes posiciones de trabajo que ocupe.

- **Transformación de biomasa en astillas.** El astillado es una operación mediante la cual se transforma el modelo de material de la biomasa forestal en bruto, a partículas o «chips» con una granulometría más o menos uniforme. La granulometría más extendida es del tipo «goma de borrar», de unos $3 \times 2 \times 1$ centímetros. El material astillado tiene una relación de volumen aparente cercana al 35% s/ volumen sólido. Esta relación puede mejorar en cierta medida cuando la granulometría es más pequeña.
 - Procedimiento operativo: En función de las circunstancias que concurren, se utilizará astilladoras de residuos forestales, pudiéndose optar por las configuraciones que mejor corresponda entre las siguientes: Astilladoras de cuchillas convencionales, de tambor o disco, remolcadas o suspendidas del tripuntal, de alimentación manual. Estas astilladoras gozan de buena movilidad y pueden desplazarse por el recinto de actuación, recogiendo manualmente la biomasa previamente reunida e introduciéndola por la tolva de alimentación para su astillado. Astilladoras de cuchillas con mecanismo para introducción de la biomasa forestal, montadas sobre máquina portadora, provista de grúa forestal. Este tipo de unidades recogen la biomasa que previamente hubiera sido reunida según alguno de los procedimientos descritos anteriormente y utilizando la grúa para alimentar al sistema de astillado. El equipo astillador dispone de un sistema de expulsión de las astillas para el llenado de contenedores que posteriormente serán transportados a las plantas de generación energética. Determinados equipos incorporan un contenedor basculante sobre la propia máquina portadora, que se va llenando de astillas a lo largo de un ciclo de trabajo y luego son trasladadas y trasvasadas a contenedores móviles, ubicados en

posiciones adecuadas, para su transporte al, para su transporte al destino definitivo. En otros casos, este tipo de equipos no montan el contenedor basculante y el astillado debe realizarse en las posiciones donde se hubiera ubicado los contenedores de transporte.

- **Transporte de biomasa a central.** Procedimiento operativo: Será diferente, según la modalidad de cosecha y quedará supeditado al sistema de transporte que se adopte. Cuando se utilice contenedores para el transporte de las astillas, estos dispuestos en lugares que repercutan en la menor medida posible sobre los costos de cosecha, siempre que no causen inconvenientes al tránsito de vehículos y maquinaria u otras consecuencias indeseadas por cualquier otra índole y si fuera menester, se instalarían en campos previstas al efecto.
- **Elaboración del informe de resultados de la parte forestal.** El informe final de resultados se basará en los Registros Periódicos de Trabajo y en los Controles de Calidad de la Actuación. Registros Periódicos de Trabajo: sobre formularios que se diseñen al efecto se reflejará la información que permita conocer los rendimientos según escenarios de trabajo, recursos asignados y procedimientos operativos. Estos formularios se cumplimentarán para todos los trabajos anteriormente descritos y sus operaciones complementarias, con la frecuencia que fuera necesaria para mejor conocimiento de lo realizado y para cada periodo se contemplará: codificación del recinto y protocolo de actuación. Recursos consumidos. Aspectos descriptivos más relevantes del recinto de actuación. Superficie objeto del trabajo. Otras observaciones relevantes. Control de Calidad de la Actuación: Este control tendrá en cuenta los siguientes aspectos, los cuales quedarán debidamente registrados: Parámetros de Control. Métodos de Control. Frecuencia de los Controles. Criterios de Aceptación. Tratamiento de Inconformidades. Informe Final de Resultados.
 - Los resultados de los trabajos que se realicen en el ámbito variarán según condicionantes locales específicos: intensidad de residuos existentes, red vial, fisiografía, etc. La presentación de los resultados tratará de agruparlos con consideración de dichas circunstancias y

contendrá: Informe de las actuaciones realizadas, con reseña del personal, equipamiento utilizado y sistemas de trabajo. Inventario clasificado por productos que se estimará de manera previa en los recintos de trabajo, con reseña de la fracción disponible después de aplicar las restricciones que corresponda por motivos de conservación ambiental. Total biomasa cosechada, clasificada por productos. Cuantificación de los costos individualizados por protocolos de trabajo ensayados, desglosados por actividades. Identificación justificada de parámetros que desde el punto de vista económico afectan en mayor grado a la cosecha y gestión de residuos con fines energéticos. Elaboración de tablas de sensibilidad indicativas del comportamiento de las actuaciones en función de los parámetros mencionados anteriormente.

- **Tratamiento de la biomasa para su utilización en la central.** Durante esta fase se estudiará el método de introducción de la biomasa en la caldera. De forma preliminar, se analizarán las siguientes posibilidades: Mezcla de la biomasa con el carbón antes de los molinos de carbón existentes. Introducción de la biomasa por separado a través de conductos existentes en la caldera. En caso de introducir la biomasa por separado, será necesaria un pretratamiento de la biomasa (molienda), que podrá ser realizado en la propia central o contando con un pretratamiento previo en instalaciones externas. La elección del método elegido para el pretratamiento y gestión de la biomasa en la central se realizará fundamentalmente según parámetros técnicos, como pueden ser el tamaño de partícula requerido por la caldera, el riesgo técnico de introducción de la biomasa en los molinos actuales (explosiones, incendios, etc.), u otros.
- **Utilización de la biomasa como combustible en la central.** Tomando como punto de partida las características de la instalación y los resultados obtenidos en la tarea anterior, se procederá a introducir mezclas de biomasa, en diferentes proporciones, para analizar su comportamiento en co-combustión a una escala industrial. Se analizarán los siguientes aspectos: Influencia de las condiciones de la biomasa en

la combustión, en concreto, la influencia del tamaño de partícula y de la humedad de la misma. Afección de la co-combustión a las emisiones. Afección a las cenizas obtenidas. Influencia en el rendimiento del grupo como consecuencia de la introducción de biomasa. Se analizará, en la medida de lo posible, la afección de la biomasa a la formación de escorias, incrementos de corrosión en tubos de caldera, u otras afecciones al mantenimiento de la central.

Las operaciones que se llevan a cabo son:

- Almacenamiento de materias primas.
- Triturado.
- Molienda.
- Secado natural forzado.
- Compactado.
- Almacenamiento de productos terminados.

Este esquema puede simplificarse de muchas maneras hasta convertirse en un simple punto de almacenamiento.

Todos los equipos utilizados en estas operaciones son similares a los que se vienen utilizando en las industrias agrarias o forestales, en algunos casos modificados con pequeñas adaptaciones, consecuencia del tipo de material a utilizar.

Los productos compactados son de dos tipos: pellets y briquetas. Son básicamente el mismo material con forma cilíndrica, pero difieren en su tamaño, las pellets tienen un diámetro de entre 7 y 20 mm mientras que las briquetas tienen un diámetro de entre 50 y 130 mm.

Sistemas de aprovechamiento energético

Como sistema de aprovechamiento energético final se va a tratar la combustión directa de residuos en sus diferentes formas de aplicación, para los residuos de tipo leñoso, para otros residuos agrícolas como por ejemplo el orujillo, el

proceso sería un caso particular del anterior, condicionado por sus características específicas.

Propiedades del Combustible

El Poder Calorífico Superior (PCS) se define como el calor desprendido por la combustión completa de un kilogramo de combustible a presión constante de un kilogramo por centímetro cuadrado.

A Partir de la composición elemental del combustible, es posible conocer de forma aproximada el PCS del combustible anhidro mediante la siguiente expresión:

$$PCS = 8.100 \cdot C + 34.000 \cdot \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2.500 \cdot S$$

En donde C, H, O y S representan la proporción en peso y en tanto por uno del contenido de un combustible en carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre, y el PCS viene expresado en kcal/kg. Como la madera no tiene una cantidad apreciable de azufre, este término desaparecerá de numerosos combustibles.

Por otra parte en este caso los combustibles contienen agua e hidrógeno por lo que generan agua de combustión que se presenta en forma de vapor. De este modo, el calor de combustión utilizable se ve disminuido en el calor de vaporización del agua. En todos los procesos de combustión interesa solo el calor referido al agua en forma de vapor, es decir el Poder Calorífico Inferior (PCI), por que el calor de condensación del vapor de agua, contenido en gas, no resulta utilizable en la práctica.

De esta forma el PCI dependerá del PCS, de la cantidad de hidrógeno contenido en el combustible y de su humedad, a través del valor del calor de vaporización. La humedad de la madera puede estar expresada respecto al peso seco (h) o respecto al peso húmedo (h'). La relación que existe en entre la humedad en base seca y en base húmeda, ambas expresiones en tanto por uno, es la siguiente:

$$h' = \frac{h}{1+h}$$
$$h = \frac{h'}{1-h'}$$

El PCI para un determinado grado de humedad, tomado para simplificar como concentración de hidrógeno el 6%, y como calor de vaporización del agua de 585 kcal/kg, viene dado por cualquiera de las dos expresiones siguientes:

$$PCI = PCS \cdot (1 - h') - 269 \cdot h' - 316$$
$$PCI = \frac{PCS - 585 \cdot (h + 0,54)}{1 + h}$$

Referido respectivamente a la humedad en base húmeda y en base seca.

La humedad, además de influir disminuyendo el poder calorífico del combustible y aumentando, por tanto, el consumo de combustibles, hace descender la temperatura del horno y los gases, con lo que favorece la formación de gas sin quemar. Adicionalmente se incrementa la temperatura a la cual los gases se saturan de vapor de agua y, dependiendo del exceso de aire, se pueden producir condensaciones a la salida de la caldera.

La producción de cenizas tras la combustión de los residuos leñosos es escasa, en general inferior al 1% en peso, lo cual supone importantes ventajas operativas frente a otros combustibles.

III.5.2 Residuos de industrias forestales

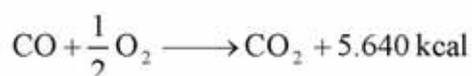
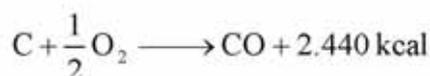
Los bosques dependiendo del terreno forestal que tengan pueden ser desde Raleo produciendo 70 t/ha de Biomasa (combustible) a Silvicultura de larga duración de hasta 250 t/ha. Las clases naturales de edad son:

- REPOBLADO: Estado que abarca desde la germinación de las plantitas hasta que se inicia la tangencia de sus copas.
- MONTE BRAVO: Estado que se prolonga hasta el inicio de la poda natural de las ramas más bajas del fuste.

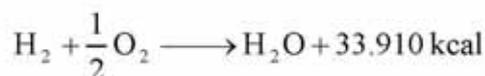
- LATIZAL: Estado que dura hasta que el diámetro de los árboles, medido a la altura de 1,30 m, es de 20 cm.
- FUSTAL: Estado en el que los árboles superan los 20 cm de diámetro, medido a la altura de 1,30 m

III.5.3 Proceso de combustión

La combustión de los residuos se produce como consecuencia de la oxidación exotérmica del carbono e hidrógeno contenidos en los mismos. La unión del carbono con el oxígeno tiene lugar en dos fases:



Por su parte la reacción del hidrógeno se produce de la siguiente manera:



Puede haber una pequeña disminución de calor desprendido en esta última reacción debida a que en la madera parte del H₂ ya está combinado con el oxígeno.

Los materiales leñosos son los combustibles más ricos en gases, con el 85% aproximadamente de materiales volátiles. Por este motivo se pueden distinguir dos fases muy diferentes:

- A partir de 150 °C se empieza a producir el desprendimiento de gases que, con la presencia de aire suficiente, arden con gran velocidad. A los 800 °C cesa prácticamente el desprendimiento de gases.
- Combustión de carbón vegetal que requiere más aire.

Por una parte se procurará que la combustión se realice sin demasiada cantidad de aire, para disminuir el volumen de humos, y por tanto las pérdidas por calor sensible; pero, por otra parte, el aire deberá ser suficiente para que no

se produzcan inquemados en los humos. No se puede evitar un cierto exceso de aire sobre el estequiométricamente necesario.

Las pérdidas de calor por los gases desprendidos han de calcularse, en cada caso, a partir del análisis de los humos y de su temperatura. Las pérdidas por calor sensible (P_s) son mayores cuanto mayor sea la proporción de anhídrido carbónico en los humos. Una aproximación simplificada de P_s , para estos combustibles en condiciones medias de humedad es la siguiente:

$$P_s = 0,69 \cdot \frac{T_2 - T_1}{CO_2} \%$$

Donde:

T_2 : Temperatura de los humos.

T_1 : Temperatura del aire .

CO_2 : Proporción de CO_2 en los humos en tanto por ciento en volumen.

Las pérdidas de calor latente de los humos, (PI) es decir, por contener gases comestibles que salen sin quemar son aproximadamente:

$$PI = 75 \cdot \frac{CO}{CO_2 + CO} \%$$

Donde:

CO : Proporción de CO en los humos en % en volumen.

Estas pérdidas varían según el tipo de instalación y su régimen. En una primera aproximación y en todos los casos entrarán como pérdidas entre el 2% y el 5%.

Para que se den unas buenas condiciones de combustión el combustible debe permanecer en el hogar el tiempo necesario para que se produzca su combustión total. No solo influye el poder calorífico del combustible, sino también otros parámetros, tales como granulometría, humedad, condiciones de ventilación (exceso de aire y mezcla), temperatura... Con respecto a otro tipo

de combustibles, el volumen del hogar debe de ser mayor para las materias leñosas, con el fin de que ardan los gases por completo.

III.6 Cultivos energéticos

Los cultivos energéticos son cultivos de plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles. Se trata de una alternativa energética muy reciente, centrada principalmente en el estudio e investigación del aumento de su rentabilidad energética y económica. El desarrollo de estos cultivos energéticos suele ir acompañado del desarrollo paralelo de la correspondiente industria de transformación de la biomasa en combustible. Por eso, la agroenergética constituye una verdadera agroindustria, donde hace falta que la producción y la transformación estén estrechamente relacionadas, tanto desde el punto de vista técnico y económico, como geográfico.

Es muy discutida la conveniencia de los cultivos o plantaciones con fines energéticos, no sólo por su rentabilidad en si mismos, sino también por la competencia que ejercerían con la producción de alimentos y otros productos necesarios, (madera, etc.). No obstante, el problema de la competencia entre los cultivos clásicos y los cultivos energéticos no se plantearía en el caso de otro tipo de cultivo energético: los cultivos acuáticos. Una planta acuática particularmente interesante desde el punto de vista energético sería el jacinto de agua, que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal (un centenar de toneladas de materia seca por hectárea y por año). Podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas, que tendrían la ventaja de permitir un cultivo continuo.

A diferencia de lo que sucede con los cultivos usados como alimentos o como materia prima en la industria, no se necesita ningún requisito especial en cuanto a condiciones del suelo se refiere. Al contrario, lo que se busca es el tipo de cultivo que mejor se acomode a las características del suelo y a las condiciones del lugar, intentando obtener la mayor rentabilidad económica y energética. Así, interesa conseguir un alto rendimiento en la transformación energética y una alta producción anual.

Entre los cultivos energéticos destinados a la producción de biomasa distinguimos los cultivos productores de biomasa lignocelulósica, apropiados para producir calor mediante combustión directa en calderas. Son muy apropiados los cultivos de especies herbáceas, entre los que destaca el cardo. De estos cultivos, el cardo es el mejor adaptado a la climatología continental española.

Tiene una alta productividad y sólo requiere la maquinaria agrícola de uso común. Evita la degradación de los suelos y reduce la contaminación por sus menores necesidades de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas.

III.6.1 Posibilidades de los cultivos energéticos

Las previsiones del Plan de Fomento elevan a 3.350 ktep la contribución, en energía primaria renovable, de los cultivos energéticos, situando entre 800.000 y 1 millón de ha, la superficie necesaria para el cultivo de especies con fines energéticos, al margen de la superficie agrícola para usos tradicionales. Dado que actualmente en España se han dejado de cultivar cerca de dos millones de hectáreas de secano, como consecuencia de la aplicación de la PAC (Política Agraria Común), existe superficie suficiente para la producción de biomasa mediante este tipo de cultivos, que pueden representar una buena oportunidad para relanzar la actividad en el sector agrario.

Entre las especies herbáceas lignocelulósicas, el cardo (*Cynara cardunculus* L.) parece ser la más prometedora para la producción de biomasa, por ser una especie de la región mediterránea bien adaptada a la climatología de la Península Ibérica. En los últimos años la caña de Provenza (*Arundo donax*), ya utilizada por la industria papelera, y la *Brassica carinata*, han mostrado resultados prometedores para la producción de biomasa

Las alternativas de cultivos típicas en tierra de campos con terrenos fuertes, con alta capacidad de retención de agua, la mayoría con secanos, aunque en la provincia de León hay mucho regadío. Son más bien básicos con ph altos y nivel de carbonatos.

III. La Biomasa

Los cultivos fundamentales son: Trigo (duro y blando), cebada, girasol, protaginosas, leguminosas grano, alfalfa, maíz, remolacha, además del correspondiente barbecho tradicional.

Secano:

Trigo- cebada-barbecho

Trigo- cebada-girasol o leguminosa-trigo- barbecho

Cebada-girasol o leguminosa-cebada- barbecho

Agropecuaria:

Igual que el anterior aunque se reserva una hoja para alfalfa y forraje.

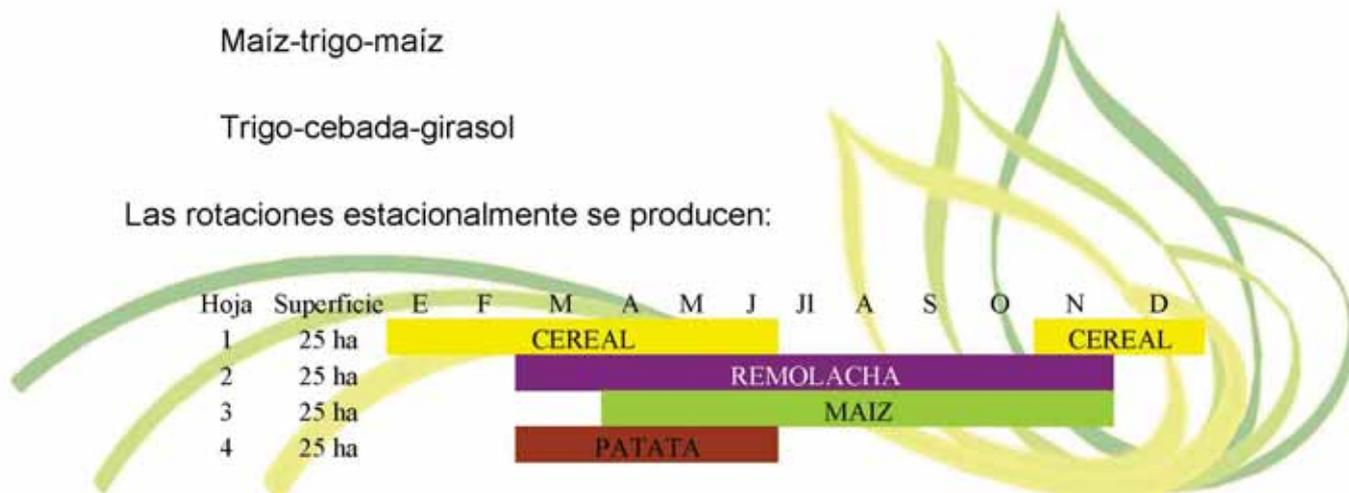
Regadío:

Trigo-Cebada-Maíz-remolacha

Maíz-trigo-maíz

Trigo-cebada-girasol

Las rotaciones estacionalmente se producen:



Anualmente se producen:

| Hoja | Superficie | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 25 ha | trigo | remolacha | maíz | patata |
| 2 | 25 ha | remolacha | maíz | patata | trigo |
| 3 | 25 ha | maíz | patata | trigo | remolacha |
| 4 | 25 ha | patata | trigo | remolacha | maíz |

COLZA

La colza es la oleaginosa más cultivada en la UE con 3,1 millones de hectáreas, destinada fundamentalmente a usos alimentarios.

La colza se puede desarrollar con pluviometrías de 400 mm año, si se distribuyen adecuadamente.

| COLZA | | | |
|-------------------------|----------------------|--|------|
| Labor | Rend. ha/h | | €/ha |
| Alzar | 0,5 | | 27 |
| Abonadora | 3 | | 3 |
| Abono | 300kg(8,15,15+S) | | 45 |
| Cultivador | 1,5 | | 10 |
| Siembra precisión | 1 | | 7 |
| Semilla | 6 a 8 kg/ha | | 30 |
| Tratamiento Herbicida | 2,5 | | 5 |
| Herbicida | | | 20 |
| Abono cobertera | 3 | | 3 |
| Abono | 300kg Sulfato amonio | | 36 |
| Cosechadora | 1 | | 33 |
| Transporte | 3 | | 3 |
| Mantenimiento y seguros | | | 5 |
| Pedrisco, incendios | | | 3 |
| | Total | | 230 |

Las producciones oscilan mucho según zonas y años.

Secano de 1.500 a 2.000 kg/ha

Regadío de 2.500 a 3.500 kg/ha

GIRASOL

Labor profunda con arado en diciembre y enero, marzo abril, siembra y enterrado en julio mínimo tres riegos. El coste estimado por ha de girasol es de:

III. La Biomasa

GIRASOL REGADÍO

| Labor | Rend. ha/h | €/ha |
|-------------------------|----------------|------|
| Alzar | 0,5 | 27 |
| Abonadora | 3 | 3 |
| Abono | 300kg(8,15,15) | 45 |
| Cultivador | 1,5 | 10 |
| Siembra precisión | 0,5 | 21 |
| Semilla | 85.000/ha | 35 |
| Tratamiento Herbicida | 2 | 6 |
| Herbicida | | 15 |
| Cosechadora | 1 | 33 |
| 2 riegos | | 75 |
| Mantenimiento y seguros | | 5 |
| Pedrisco, incendios | | 3 |
| Total | | 278 |

Las producciones oscilan mucho según zonas y años.

Secano de 600 a 1.500 kg/ha

Regadío de 2.000 a 3.000 kg/ha

SOJA

La iluminación, la temperatura, la disponibilidad hídrica, el tipo de suelo, etc., condicionará sensiblemente la producción de soja y su ciclo de desarrollo vegetativo. La producción de haba de soja en el año 2.003 fue de:

| Año 2.003 | ha | mill. t | t/ha |
|-----------|------------|---------|------|
| EE.UU. | 28.000.000 | 72 | 2,6 |
| BRASIL | 23.000.000 | 57 | 2,5 |
| ARGENTINA | 14.000.000 | 32 | 2,3 |
| ESPAÑA | 500 | | |

La soja es una planta mejorante de ciclo primavera-verano y en primera cosecha puede sustituir a cultivos como remolacha, patata, maíz, etc., en segunda cosecha puede ir después de los cereales. La soja deja el suelo de cultivo en óptimas condiciones para cultivos posteriores, controlando malas hierbas endémicas y dejando el suelo enriquecido en nitrógeno y materia orgánica. Las cantidades de nitrógeno orgánico que puede dejar en el suelo es

variable y está entorno a los 50/70 Kg/Ha. El trigo es el cultivo ideal para seguir a la soja, aunque un cultivo de cebada no es malo tampoco.

Por cada Kg de materia seca producida se necesitan 550-650 litros de agua. Las necesidades medias de este cultivo están entre 25/35 l/m² cada 7 días y dependen de la variedad y su ciclo. Volúmenes de agua a aplicar en el riego: 5000 m³ por ha de forma estacional y el volumen de agua por riego puede variar en función del tipo de suelo y la fase de ciclo vegetativo (la fase crítica es en la floración).

No se encuentra establecida en España y no se conocen muy bien sus costes el ITACYL los considera de esta manera.

| Concepto | €/ha | | |
|--------------------------------------|------|------|------|
| Labor preparatoria | 98 | | |
| Semilla 120 | 120 | | |
| Abonado 89 | 89 | | |
| Insect/Fung/Herbic | 155 | | |
| Riego | 302 | | |
| Recolección | 40 | | |
| Otros | 120 | | |
| TOTAL(€) 924 | 924 | | |
| Rtos | 3,5 | 4 | t/ha |
| Ingr.(estim.€/Ha) | 1155 | 1320 | €/ha |
| Beneficio Estimado 231 €/Ha 416 €/Ha | 231 | 396 | |
| Incrementamos PAC | 300 | | €/ha |
| TOTAL 569/669 €/Ha 754/854 €/Ha | 531 | | |

III.6.2 El cardo, cultivo energético

Entre los cultivos energéticos los que mayor potencial encierran a corto plazo son los de biomasa lignocelulósica, como el cardo, perfectamente adaptado a las tierras de secano. Estos son los proyectos más avanzados para producir energía a partir de una planta tantas veces menospreciada, que podría empezar a cultivarse muy pronto en los campos españoles.

En España viven de forma natural numerosas especies de cardo que crecen sobre todo en terrenos baldíos y arcenes de caminos. Son plantas poco exigentes, muy bien adaptadas a las condiciones ambientales impuestas por el

clima mediterráneo, caracterizado por verano secos y calurosos. Pero entre todas ellas, *Cynara cardunculus* es la que presenta mejores condiciones para su aprovechamiento como recurso de biomasa. Es una especie herbácea vivaz (perenne), con un ciclo anual de producción de biomasa, que puede llegar a los 3 metros de altura. En años con pluviometría adecuada (unos 500 mm) su cultivo podría llegar a dar producciones totales de biomasa, en condiciones de secano, de 15 a 20 toneladas de materia seca por hectárea y año. Los cardos crecen durante 10 meses al año; durante el invierno son capaces de realizar la fotosíntesis con bajas temperaturas y sus raíces son tan profundas que le permiten encontrar agua e incluso abonos lixiviados de cultivos anteriores. Incluso cuando más aprieta el verano y se seca la parte aérea, las raíces se mantienen frescas con abundantes sustancias de reserva, que garantizan el crecimiento de la planta en la siguiente primavera.

La producción de biomasa de una tierra cultivada de cardos depende en gran medida de la disponibilidad de agua en primavera, la época de crecimiento activo, y de una fertilización adecuada. En experiencias realizadas sobre producción de biomasa en condiciones de secano en diversos países del área mediterránea se pudo comprobar que existe una fuerte correlación entre la pluviometría del año agrícola (de septiembre a agosto del año siguiente) y la producción de biomasa de cardo. Especialmente incidente es la lluvia de primavera. Como valor medio de productividad, para lluvias del orden de los 450 mm en la Meseta central, se puede pensar en un rendimiento de biomasa cosechable de unas 17 toneladas por hectárea, con una humedad media del 15%, lo que representa en materia seca 14.5 toneladas.

El contenido calórico de la biomasa, con 0% de humedad, es de 4 termias por kilogramo (1 th = 1000 kcal). Si se compara con el contenido calórico del petróleo (10 termias por kg) o el carbón de antracita (7 termias por kg), se puede establecer que una tonelada de biomasa seca de cardo tiene el mismo contenido calórico que 400 kg de petróleo o 571 kg de antracita.

III.7 Biocombustibles líquidos

La principal causa que produce el calentamiento global del planeta, el efecto invernadero, son las emisiones de gases procedentes de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) en forma de dióxido de carbono CO_2 y las emisiones de gas metano CH_4 procedentes en su mayoría de la actividad agrícola y la destrucción de bosques.

Sobre como combatir el efecto invernadero mediante la reducción de emisiones, se ha discutido mucho y desde muchos aspectos.

No sólo Estados Unidos y Japón estaban en desacuerdo sino que también muchos de los llamados Países del Tercer Mundo, se oponían y se oponen a cualquier reducción. Pero no sólo estos; sin ir más lejos otros países comparten la dudosa honra de haber negociado dentro del cupo de emisiones de la Comunidad Europea el aumento de emisiones (España por ejemplo). Todo ello partiendo de un modelo de desarrollo industrial que se considera irrenunciable para alcanzar un cierto nivel de bienestar.

Por medio de un uso tecnológico adecuado, racional y eficaz partiendo de la base del Desarrollo sostenible, se puede mantener y aumentar ese nivel de bienestar. La Comisión Europea preparó el "Libro Blanco sobre Energías Alternativas", que presentó poco antes de la cumbre de Kyoto. En él se enumeran una serie de fuentes energéticas llamadas Energías Alternativas que deberán de aportar el 10% del total de energía producida en la Comunidad el año 2010.

Una de estas energías son los llamados BIOCOMBUSTIBLES. Son combustibles obtenidos a partir de material vegetal. Los biocombustibles líquidos son aceites y alcoholes obtenidos de plantas. Es posible la obtención de aceites a partir de más de 300 especies vegetales, fundamentalmente extraídos a partir de semillas y frutos. El aceite se obtiene normalmente por compresión y/o extracción y también por pirólisis, aunque estos últimos no resultan adecuados para su utilización en motores de combustión interna. Los

aceites utilizados son los procedentes de la colza en mayor medida y en menor aceite de palma, de girasol o de soja.

Los alcoholes utilizados como fuente de energía son el etanol y el metanol. El etanol es un combustible que se utiliza en la actualidad en algunos automóviles de EEUU, CE, Brasil, etc. mezclado con la gasolina (generalmente no se supera el 10%). Otros derivados de este alcohol (ETBE) se usan actualmente como aditivos de la gasolina. El proceso de obtención varía dependiendo de la materia prima pero incluye siempre una fermentación y una destilación posterior hasta obtener una pureza del 99,5%. Las materias primas son en general el azúcar de caña o de remolacha.

La propuesta de Directiva del Parlamento Europeo de promoción del uso de energía renovables, en su versión 15.4 de 23.01.08 establece como definiciones:

«biolíquido»: un combustible líquido destinado a usos energéticos y producido a partir de la biomasa. «biocarburante»: un combustible líquido o gaseoso utilizado para el transporte, producido a partir de la biomasa.

Artículo 18

Disposiciones específicas relativas a los biocarburantes

1. Los Estados miembros velarán por que se informe al público sobre la disponibilidad de los biocarburantes y otros combustibles de transporte renovables. En cuanto a los porcentajes de los biocarburantes, mezclados en derivados de aceites minerales, que excedan del valor límite del 10% en volumen, los Estados miembros exigirán que se indique este extremo en los puntos de venta.
2. Los Estados miembros velarán por que, el 31 de diciembre 2010 a más tardar, todas las estaciones de servicio con más de dos surtidores de gasóleo ofrezcan gasóleo que cumpla las especificaciones establecidas en el anexo V. (Mezcla 7%)

3. Los Estados miembros velarán por que, el 31 de diciembre 2014 a más tardar, todas las estaciones de servicio con más de dos surtidores de gasóleo ofrezcan gasóleo que cumpla las especificaciones establecidas en el anexo VI (Mezcla 10%) , o gasóleo con un contenido mínimo de biocarburante del 5% en volumen.

4. Para demostrar el cumplimiento de las obligaciones impuestas a los operadores en materia de energías renovables, la contribución de los biocarburantes obtenidos a partir de desechos, residuos, materias celulósicas no alimentarias y material lignocelulósico se considerará que equivale al doble de la de otros biocarburantes.

Las formas de utilización de los aceites vegetales o de los ésteres metílicos en los motores diésel (motores de compresión MEC) pueden variar dependiendo de distintos factores. Así, las diferentes maneras de utilización para conseguir un óptimo rendimiento en el motor, pueden ser:

- Adaptación del motor diésel para uso de aceites
- Motores específicos para uso de aceites (Motor Elsbett)
- Mezclas de gasóleo con aceite
- Mezclas de gasóleo con ésteres metílicos
- Mezclas de gasóleo con alcohol

Tanto la adaptación de motores diésel como la mezcla del biodiésel con aceite vegetal, así como la utilización de Motores Elsbett no tienen el grado de implantación y desarrollo que las mezclas de gasóleo con ésteres (sobre todo metílicos) y con alcohol, que se presentan como las opciones más viables comercialmente. El biodiésel se utiliza además de en automoción, para sustituir al gasóleo C de calefacción. Por otra parte, el biodiésel disuelve los hidrocarburos por lo que también se ha utilizado para limpiar vertidos de hidrocarburos (por ejemplo en el accidente del Erika en la costa francesa). Los ésteres metílicos son también intermedios en la síntesis de muchos productos utilizados en la química fina. Previamente a describir las aplicaciones, hay que tener en consideración las obligaciones normativas. En ese sentido, de acuerdo

con lo expresado por los productores de estos combustibles [Appa], algunas normas no son apropiadas para los biocarburantes y frenan su desarrollo. Dos de ellas son, a su juicio, especialmente nocivas: la obligación de mantener existencias mínimas de seguridad y las especificaciones técnicas.

Históricamente, el primer vehículo que se diseñó para el uso de etanol fue una variante del Modelo T de Henry Ford, que estaba pensado para ser utilizado en las granjas, de forma que sus propios dueños pudieran producir el alcohol a partir de la fermentación del maíz. Posteriormente se desarrolló el Modelo A, que también podía usar tanto etanol como gasolina. Actualmente, para que los vehículos de explosión puedan funcionar con etanol es necesaria una serie de modificaciones, que incluyen el depósito, las conducciones de combustible, los inyectores, el sistema informático de gestión del motor y el sistema anti-sifón. En los últimos años se han desarrollado una serie de vehículos capaces de funcionar tanto con gasolina como con etanol o una mezcla de ambos.

Se denominan Flexible Fuel Vehicles (FFV). Estos automóviles disponen de un sensor que detecta la relación etanol/gasolina y en función de la mezcla ajustan la carburación del motor. La utilización del etanol modifica la mezcla de aire y combustible tratando de mantener la potencia y el consumo del automóvil en un valor óptimo. El etanol, como combustible único, es utilizado principalmente en Brasil y Argentina. Su uso con temperaturas inferiores a 15°C puede dar lugar a problemas de encendido, para que esto no ocurra el método más común de solucionarlo es añadirle una pequeña parte de gasolina. La mezcla que se usa más ampliamente es el E85 que está compuesto de un 85% de etanol y un 15% de gasolina.

La utilización del etanol como combustible ha pasado por varias etapas a través de los años. En los orígenes de la industria automovilística fue el principal combustible: los motores de ciclo Otto se diseñaron en principio para utilizarlo, pero posteriormente con el desarrollo de la industria basada en el petróleo los fabricantes de motores se decantaron por esta segunda opción. Cuando se temió por la estabilidad de estos mercados en los años 20 y el posterior embargo petrolífero del año 1973 se volvió a invertir en el desarrollo de

bioetanol. El primer país que asumió este reto fue Brasil que a partir de ese año comenzó a mezclar etanol y gasolina en la proporción de 22:78.

En 1979 Brasil produjo los primeros automóviles que podían funcionar con alcohol hidratado (95% de etanol y 5% de agua), más tarde, en 1980 la mayor parte de los coches fabricados estaban diseñados para funcionar exclusivamente con etanol.

Hasta los años 80 la principal motivación para la producción de etanol fue su uso como combustible alternativo para la automoción, y así disminuir la dependencia de las importaciones de crudo y minimizar el impacto que las fluctuaciones del mercado ocasionan en los precios. A partir de mediados de los 80, a esta motivación se han unido las políticas de mejoras ambientales, principalmente en lo relativo a emisiones gaseosas. El creciente interés que han generado en los últimos años los problemas derivados del cambio climático, producido por las emisiones de gases de "efecto invernadero", ha hecho que se busquen combustibles más respetuosos con el medio ambiente.

Concentraciones más elevadas, autorizadas en Suecia y Estados Unidos, permitirían disponer de un vehículo flexible, con un depósito, motor y sistema de combustible único capaz de funcionar con gasolina y etanol, solos o mezclados en cualquier proporción. La otra alternativa para su uso es en forma de aditivo de la gasolina como etil-tercbutil éter (ETBE).

Otra alternativa para el uso del bioetanol como combustibles es transformarlo para su utilización en aditivo de la gasolina, en lugar de cómo su sustituto. Con la introducción de las gasolinas sin plomo, necesarias por el uso de catalizadores para la disminución de las emisiones nocivas, se vio afectado el número de octano de la gasolina. Para recuperar el octanaje y reducir las emisiones contaminantes se añadieron aditivos oxigenantes tales como el metanol, etanol, tercbutil alcohol (TBA) o el metil-tercbutil éter (MTBE).

En los últimos años el etil-tercbutil éter (ETBE) se está imponiendo sobre los otros aditivos por ser sus emisiones de hidrocarburos menos tóxicas, debido a que el acetaldehído es mucho menos tóxico que el formaldehído, además de

poderse obtener a partir de recursos renovables en lugar del petróleo, como el MTBE. Además, el ETBE es mucho menos soluble en agua que el MTEB, lo que disminuye la posibilidad de contaminar las aguas.

La mezcla etanol-diesel, mejor conocido como E-diesel, contiene hasta un 15% de etanol. Comparado con el diesel normal, el E-Diesel (nombre comercial utilizado por Abengoa para este producto) reduce perceptiblemente las emisiones de partículas y otros contaminantes y mejora las características del arranque en frío. Se encuentra actualmente en la etapa de desarrollo y no se comercializa actualmente. ABRD (Abengoa Bioenergy R&D) está trabajando para eliminar las principales barreras técnicas y regulatoras para su comercialización. El uso de E-diesel amplía aún más el mercado para las aplicaciones del etanol.

La propuesta de Directiva del Parlamento Europeo de promoción del uso de energía renovables, en su versión 15.4 de 23.01.08 tiene como finalidad fijar un objetivo global vinculante del 20% como cuota de energía generada a partir de fuentes renovables en el consumo total de energía y un objetivo vinculante mínimo del 10% como cuota de biocarburantes utilizados en el transporte, que deberá cumplir cada Estado miembro, así como objetivos nacionales vinculantes para 2020, de conformidad con el objetivo global del 20% para la UE establece en su anexo III las especificaciones de la energía que deben contener los distintos combustibles de transporte (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 24. Contenido energético de los combustibles de transporte

| Combustible | Contenido energético peso (PCI MJ/kg) | Contenido energético volumen (PCI MJ/l) |
|---|---|---|
| Bioetanol (etanol producido a partir de la biomasa) | 27 | 21 |
| Bio-ETBE (etil-terc-butil-éter producido a partir del bioetanol) | 36 (del cual 37 % a partir de fuentes renovables) | 27 (del cual 37 % a partir de fuentes renovables) |
| Biometanol (metanol producido a partir de la biomasa, utilizado como biocarburante) | 20 | 16 |
| Bio-MTBE (metil-terc-butil-éter producido a partir del bioetanol) | 35 (del cual 22 % a partir de fuentes renovables) | 26 (del cual 22 % a partir de fuentes renovables) |
| Bio-DME (dimetil-éter producido a partir de la biomasa, utilizado como biocarburante) | 28 | 19 |
| Bio-TAEE (terc-amil-etil-éter, producido a partir del bioetanol) | 38 (del cual 29 % a partir de fuentes renovables) | 29 (del cual 29 % a partir de fuentes renovables) |
| Biobutanol (butanol producido a partir de la biomasa, utilizado como biocarburante) | 33 | 27 |
| Biodiésel (éster metílico producido a partir de un aceite vegetal o animal de calidad similar al gasóleo, utilizado como biocarburante) | 37 | 33 |
| Gasóleo de Fischer-Tropsch (hidrocarburo sintético o mezcla de hidrocarburos sintéticos producidos a partir de la biomasa) | 44 | 34 |
| Aceite vegetal tratado con hidrógeno (aceite vegetal tratado termoquímicamente con hidrógeno) | 44 | 34 |
| Aceite vegetal puro (aceite obtenido a partir de plantas oleaginosas mediante presión, extracción o procedimientos comparables, crudo o refinado, pero sin modificación química, cuando su uso sea compatible con el tipo de motor y las exigencias correspondientes en materia de emisiones) | 37 | 34 |
| Biogás (combustible gaseoso producido a partir de la biomasa y/o a partir de la fracción biodegradable de los residuos y que puede ser purificado hasta alcanzar una calidad similar a la del gas natural, para uso como biocarburante, o gas de madera) | 50 | - |
| Gasolina | 43 | 32 |
| Gasoleo | 43 | 36 |

Dos son los grandes grupos que engloban a estos productos: Etanoles y Aceites vegetales

III.7.1 Bioetanol o bioalcohol

Alcohol producido por fermentación de productos azucarados (remolacha y la caña de azúcar). También puede obtenerse de los granos de cereales (trigo, la cebada y el maíz), previa hidrólisis o transformación en azúcares fermentables del almidón contenido en ellos. Pueden utilizarse en su obtención otras materias primas menos conocidas como el sorgo dulce y la patata.

El bioetanol se utiliza en vehículos como sustitutivo de la gasolina, bien como único combustible o en mezclas que, por razones de miscibilidad entre ambos productos, no deben sobrepasar el 5-10% en volumen de etanol en climas fríos y templados, pudiendo llegar a un 20% en zonas más cálidas. El empleo del etanol como único combustible debe realizarse en motores específicamente diseñados para el biocombustible. Sin embargo, el uso de mezclas no requiere cambios significativos en los vehículos, si bien, en estos casos el alcohol debe ser deshidratado a fin de eliminar los efectos indeseables sobre la mezcla producidos por el agua. Un biocombustible derivado del bioetanol es el ETBE (etil ter-butyl eter) que se obtiene por síntesis del bioetanol con el isobutileno, subproducto de la destilación del petróleo. El ETBE posee las ventajas de ser menos volátil y más miscible con la gasolina que el propio etanol y, como el etanol, se aditiva a la gasolina en proporciones del 10-15%. La adición de ETBE o etanol sirve para aumentar el índice de octano de la gasolina, evitando la adición de sales de plomo. También se utilizan ambos productos como sustitutos del MTBE (metil ter-butyl eter) de origen fósil, que en la actualidad se está empleando como aditivo de la gasolina sin plomo.

El etanol se obtiene por la fermentación alcohólica de los azúcares de la biomasa y puede transformarse en una serie de compuestos, siendo el de más interés el ETBE. Su producción se basa en las melazas azucaradas de la remolacha y de la caña de azúcar. También puede extraerse del maíz y del trigo, y las nuevas investigaciones contemplan utilizar biomasa residual de las actividades ganaderas, agrícolas y forestales, mucho más barata que las fuentes anteriores.

Los procesos industriales para obtener bioetanol son diversos según las materias primas utilizadas. La base científica es sencilla y la tecnológica también. Por lo general se someten a pre-tratamientos que generalmente incluyen su hidrólisis, fermentación y posterior destilación del alcohol: bioetanol hidratado. Si se desea obtener el bioetanol deshidratado hay una serie de tratamientos adicionales que concluyen con una segunda destilación.

El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. Las plantas crecen gracias al proceso de fotosíntesis, en el que la luz del sol, el dióxido de carbono de la atmósfera, el agua y los nutrientes de la tierra forman moléculas orgánicas complejas como el azúcar, los hidratos de carbono y la celulosa, que se concentra en la parte fibrosa la planta.

Actualmente, el bioetanol es el biocombustible con mayor producción mundial, del que se elaboraron más de 40.000 millones de litros durante el año 2004 en todo el mundo. Para su fabricación se pueden utilizar una gran cantidad de materias primas. Brasil produjo 15.066 millones de litros, principalmente de caña de azúcar, EE.UU. 13.351 millones de litros, procedentes del almidón del maíz, por resaltar los dos mayores productores, pero también se utiliza remolacha, cereal o residuos forestales.

El bioetanol se produce por la fermentación de los azúcares contenidos en la materia orgánica de las plantas. En este proceso se obtiene el alcohol hidratado, con un contenido aproximado del 5% de agua, que tras ser deshidratado se puede utilizar como combustible.

Principalmente se utilizan tres familias de productos para la obtención del alcohol:

- Azúcares, procedentes de la caña o la remolacha, por ejemplo.
- Cereales, mediante la fermentación de los azúcares del almidón.

- Biomasa, por la fermentación de los azúcares contenidos en la celulosa y hemicelulosa.

Los materiales lignocelulósicos son los que ofrecen un mayor potencial para la producción de bioetanol. Una gran parte de los materiales con alto contenido en celulosa, susceptibles de ser utilizados para estos fines, se generan como residuos en los procesos productivos de los sectores agrícola, forestal e industrial. Los residuos agrícolas proceden de cultivos leñosos y herbáceos y, entre otros, hay que destacar los producidos en los cultivos de cereal. Por su parte, los residuos de origen forestal proceden de los tratamientos silvícola y de mejora o mantenimiento de los montes y masas forestales.

También pueden utilizarse residuos generados en algunas industrias, como la papelera, la hortofrutícola o la fracción orgánica de residuos sólidos industriales. Muchos de estos residuos no sólo tienen valor económico en el contexto donde se generan sino que pueden ser causa de problemas ambientales durante su eliminación.

Los residuos de biomasa contienen mezclas complejas de carbohidratos, llamados celulosa, hemicelulosa y lignina. Para obtener los azúcares de la biomasa, esta es tratada con ácidos o enzimas que facilitan su obtención. La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o diluidas por ácidos para obtener sacarosa, que es entonces fermentada. Tres son los principales métodos para extraer estos azúcares: la hidrólisis con ácidos concentrados, la hidrólisis con ácidos diluidos y la hidrólisis enzimática.

Los procesos necesarios para la obtención del bioetanol según la materia prima utilizada son:

Tabla 25. Procesos para la obtención del bioetanol

| | Preparación de la materia prima | Obtención del azúcar |
|----------|--|---|
| Azúcares | Recogida, triturado y filtrado | |
| Cereales | Limpieza del grano y molienda | Licuefacc., cocción y sacarificación |
| Biomasa | Acondicionamiento y trituración | 1ª Hidrólisis ácida Separación L/S 2ª Hidrólisis ácida |

Posteriormente se realiza el proceso de fermentación y destilado para todos los casos.

III.7.2 Biodiesel

También denominado biogasóleo o diester, constituye un grupo de biocarburos que se obtienen a partir de aceites vegetales como soja, colza y girasol (dos principales cultivos de oleaginosas en la Unión Europea). Los biodiesel son metilesteres de los aceites vegetales obtenidos por reacción de los mismos con metanol, mediante reacción de transesterificación, que produce glicerina como producto secundario. Los metilesteres de los aceites vegetales poseen muchas características físicas y físico-químicas muy parecidas al gasóleo con el que pueden mezclarse en cualquier proporción y utilizarse en los vehículos diesel convencionales sin necesidad de introducir modificaciones en el diseño básico del motor. Sin embargo, cuando se emplean mezclas de biodiesel en proporciones superiores al 5% es preciso reemplazar los conductos de goma del circuito del combustible por otros de materiales como el vitón, debido a que el biodiesel ataca a los primeros. A diferencia del etanol, las mezclas con biodiesel no modifican muy significativamente gran parte de las propiedades físicas y fisicoquímicas del gasóleo, tales como su poder calorífico o el índice de cetano.

El otro gran grupo de biocombustibles líquidos suele extraerse de las semillas y partes vegetales de las plantas oleaginosas. Los aceites vegetales presentan problemas para utilizarse directamente como combustibles, pero sus derivados: esterres y alquilesterres tienen más mercado en su aplicación práctica.

Las materias primas adecuadas en nuestro país son la soja, la colza y el girasol. La extracción del aceite es la habitual en la industria oleícola: prensado, extracción y refinado. Posteriormente deben someterse al proceso de transesterización en la que se hace reaccionar el aceite con metanol en presencia de un catalizador. Se concluye con la separación del producto principal.

Tabla 26. Comparación de características con la gasolina (Fuente: Laboratorio de Energías Renovables)

| Característica | Unidad | Gasolina | Etanol Anhidro | Etanol hidratado | ETBE |
|---------------------------------|--------------------|----------|----------------|------------------|--------|
| Densidad | Kg/l | 0,75 | 0,79 | 0,81 | 0,74 |
| Volatilidad | Kg/cm ² | 0,75 | 1,52 | 1,18 | 0,34 |
| Relación estequiométrica máxima | Aire/combust | 15,2 | | 8,3 | |
| Calor latente de vaporización | kJ/kg | 376 | 903 | 1.141 | |
| Índice de octano | IOM | 85 | 89 | 92 | 102 |
| Autoignición | IOR | 95 | 106 | 110 | 118 |
| Poder calorífico inferior (PCI) | kJ/kg | 42.900 | 26.800 | 24.900 | 36.000 |

Tabla 27. Comparación de características con el gasóleo (Fuente: Laboratorio de Energías Renovables)

| Característica | Unid. | Gasóleo | Ac. colza | Metilester colza |
|---------------------------------|--------|---------|-----------|------------------|
| Densidad | Kg/l | 0,83 | 0,92 | 0,88 |
| Viscosidad (a 20°C) | cSt | 4,2 | 7,7 | 7,5 |
| Punto de enturbiamiento | °C | -1 | | -4 |
| Temp. Límite de filtración POFF | °C | -18 | 20 | -12 |
| Índice de cetano | Índice | 50 | 33 | 51 |
| Poder calorífico inferior (PCI) | kJ/kg | 33.400 | 34.300 | 33.200 |

La definición de biodiésel propuesta por las especificaciones ASTM (American Society for Testing and Material Standard, asociación internacional de normativa de calidad) lo describe como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión. Sin embargo, los ésteres más utilizados son los de metanol y etanol (obtenidos a partir de la transesterificación de cualquier tipo de aceites vegetales o grasas animales o de la esterificación de los ácidos grasos) debido a su bajo coste y sus ventajas químicas y físicas.

En cuanto a la utilización del biodiésel como combustible de automoción, ha de señalarse que las características de los ésteres son más parecidas a las del gasóleo que las del aceite vegetal sin modificar. La viscosidad del éster es dos veces superior a la del gasóleo frente a diez veces ó más de la del aceite crudo; además el índice de cetano de los ésteres es superior, siendo los valores adecuados para su uso como combustible.

La naturaleza de los aceites vegetales plantea una serie de inconvenientes para su utilización directa en motores. Así, la utilización de aceites sin transformar requiere, bien realizar una serie de transformaciones en los motores, o bien utilizar motores Elsbett. Ello es fundamentalmente debido a los problemas de viscosidad del biodiésel.

Los ácidos grasos de los aceites vegetales varían en su longitud y en el número de dobles enlaces contenidos en la cadena (reflejado por el índice de yodo).

La presencia de dobles enlaces les confiere que sean aptos para el consumo siendo su funcionamiento mejor a bajas temperaturas, si bien los hace fácilmente susceptibles de oxidación. Por otra parte, largas moléculas con dobles enlaces confiere a los aceites un carácter viscoso que implica una mayor dificultad de bombeo y atomización del combustible en los inyectores, traducido en un menor rendimiento. Los ácidos grasos poliinsaturados tienen una elevada reactividad que los hace susceptibles a la polimerización y formación de gomas, que se forman por oxidación durante el almacenamiento o por una deficiente polimerización térmica y oxidativa. Por otra parte, cuanto mayor es el grado de insaturación de un aceite, mejor es su funcionamiento como combustible en condiciones de baja temperatura, lo cual es fundamental para un combustible diésel. Cuando se pretende utilizar aceites vegetales en motores de inyección directa hay que recurrir a mezclas del aceite vegetal con gasóleo, lo que permite, modificando la proporción de los componentes, mantener las características del combustible.

En cualquier caso, estas mezclas de aceite vegetal y diésel siguen presentando parte de los problemas asociados a los aceites vegetales, que son:

- Los ácidos grasos poliinsaturados tienen una elevada reactividad que los hace muy susceptibles a la polimerización y formación de gomas.
- No se queman completamente dando por resultado depósitos carbonosos.
- Espesamiento del aceite lubricante.

- Elevada viscosidad. Dificultad para el bombeo y la formación de gotas.
- Bajo número de cetano. Combustión deficiente en motores rápidos.
- Comportamiento deficiente en frío. Problemas de bombeo y filtrabilidad.
- Ensuciamiento de inyectores. Déterioro de las prestaciones del motor.

Una solución a estos problemas sería a través de la modificación del motor diésel:

- Precalentamiento del combustible.
- Inyección en precámara.
- Inyectores autolimpiantes.
- Motores más adiabáticos: cámara de combustión labrada, menor refrigeración.
- Sistema de arranque con gasóleo.

Si bien se ha demostrado que se pueden utilizar en motores diésel sin modificar mezclas de hasta 1:2 (biodiésel:gasóleo), en el caso del aceite de soja.

Otra alternativa, es emplear mezclas de aceites vegetales brutos con gasolinas (14%) y alcohol (5%), que se puede utilizar como carburante de los motores diésel de manera directa.

La utilización en motores requiere: preparación, desgomado, filtración de aceite combustible en los motores diesel de inyección directa. O en mezclas con gasolina (14%) y alcohol (5%), o en mezclas con gasoleo (5%, soja 50%). O su uso en motores tipo Elsbett sin mezclar.

Para evitar introducir las modificaciones en motores que se requieren para la utilización de aceites vegetales sin modificar y mejorar sus características como carburantes, se recurre a transformarlos en sus derivados ésteres metílicos o etílicos. De esta manera se consigue que las largas cadenas ramificadas iniciales, de elevada viscosidad y alta proporción de carbono se transformen en otras de cadena lineal, de menor viscosidad y porcentaje de carbono y de características físico-químicas y energéticas más similares al gasóleo de

automoción. Este biodiésel se puede utilizar bien puro, bien mezclado en distintas proporciones junto con el gasóleo de automoción, que es la forma más habitual de utilización.

En cuanto a sus propiedades como combustible de automoción, las características de los ésteres son más parecidas a las del gasóleo que las del aceite vegetal sin modificar. Así, la viscosidad del éster es ligeramente mayor que la del gasóleo, frente a las 10-20 veces superior de la del aceite vegetal crudo.

El biodiésel necesita disponer de unas especificaciones que enumere las propiedades y garantice la calidad de producto. Además, el biodiésel debe cumplir los requisitos para los combustibles minerales de automoción y que se encuentran recogidas en la norma europea EN-590 [ED]. Los requerimientos específicos y los métodos de control para la comercialización y distribución de ésteres metílicos de ácidos grasos –FAME- para su utilización en motores diesel con 100% de concentración se encuentran en la norma EN 14214 transcrita a la legislación española en el RD 398/1996 [RD398, 1996] y el RD 1728/1999 [RD1728, 1999] en concordancia con la Directiva Europea 98/70/CE.

La propuesta de Directiva del Parlamento Europeo de promoción del uso de energía renovables, en su versión 15.4 de 23.01.08 tiene como finalidad fijar un objetivo global vinculante del 20% como cuota de energía generada a partir de fuentes renovables en el consumo total de energía y un objetivo vinculante mínimo del 10% como cuota de biocarburantes utilizados en el transporte, que deberá cumplir cada Estado miembro, así como objetivos nacionales vinculantes para 2020, de conformidad con el objetivo global del 20% para la UE establece las especificaciones de la energía que deben contener los distintos combustibles.

También podemos comparar los límites superiores e inferiores para distintas propiedades de los biodiesel para la ASTM y para la nueva normativa europea en mezclas de 7% y 10% Anexos V y VI (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):.

Las principales materias primas para la elaboración de biodiésel son:

- Aceites vegetales convencionales
 - Girasol, colza, soja, coco y palma.
- Aceites vegetales alternativos
 - Brassica carinata, cynara curdunculus, camelina sativa, crambe abyssinica, pogianus y jatropha curcas.
- Aceites de semillas modificadas genéticamente
 - Girasol de alto oleico.
- Grasas animales
 - Sebo de vaca y sebo de búfalo.
- Otros aceites
 - Fritura usados, producciones microbianas y microalgas.

Aunque la esterificación es un proceso posible, sin embargo el método utilizado comercialmente para la obtención de biodiésel es la transesterificación (también llamada alcoholólisis). Se basa en la reacción de moléculas de triglicéridos (el número de átomos de las cadenas está comprendido entre 15 y 23, siendo el más habitual de 18) con alcoholes de bajo peso molecular (metanol, etanol, propanol, butanol) para producir ésteres y glicerina (que puede ser utilizada en cosmética, alimentación, farmacia, o quemarla para generar calor en el proceso, etc.).

La reacción de transesterificación, se desarrolla en una proporción molar de alcohol a triglicérido de 3 a 1, reaccionando en la metanólisis 1 mol de triglicérido con 3 moles de alcohol (aunque se añade una cantidad adicional de alcohol para desplazar la reacción hacia la formación del éster metílico).

El triglicérido es el principal componente del aceite vegetal o la grasa animal. Además, la formación de la base de la glicerina, inmisible con los ésteres metílicos, juega un papel importante en el desplazamiento de la reacción hacia la derecha, alcanzándose conversiones cercanas al 100%.

Tabla 28. Comparación de los límites superiores e inferiores para distintas propiedades de los biodiesel para la ASTM y para la nueva normativa europea

| Propiedad | Unidades | ASTM | | 7% Mezcla | | 10%Mezcla | |
|---|--------------------|------|---------|-----------|---------|-----------|----------|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| Contenido en éster | a % (m/m) | 96,5 | | | | | |
| Densidad a 15°C | kg/m ³ | 860 | 900 | 820 | 845 | 820 | 845 |
| Viscosidad a 40°C | mm ² /g | 3,5 | 5 | 2 | 4,5 | 2 | 4,5 |
| Punto de inflamación | °C | 120 | | >55 | | >55 | |
| Contenido de azufre | mg/kg | | 10 | | 10 | | 10 |
| Poli hidro carburos aromáticos | % en peso | | | | 8 | | 8 |
| Residuo de carbón (en 10% de residuo destilado) | % (m/m) | | 0,3 | | 0,3 | | 0,3 |
| Índice de cetano | | 51 | | 51 | | 51 | |
| Contenido de cenizas sulfatadas | % (m/m) | 0,02 | | | | | |
| Contenido de cenizas | mg/kg | | | | 0,01 | | 0,01 |
| Contenido en Azufre | mg/kg | | | | 10 | | 10 |
| Contenido en agua | mg/kg | 500 | | 200 | | 200 | |
| Contaminación total | mg/kg | | 24 | | 24 | | 24 |
| Corrosión de la tira de cobre (3h a 50°C) | Clasificación | | Clase 1 | | Clase 1 | | Clase 1a |
| Lubricidad EN ISO 12156-1 | microm | | | | 460 | | |
| Destilación % a 250°C | % | | | | <65 | | <65 |
| Destilación % a 350°C | % | | | 85 | | 85 | |
| Tª Destilación para un 95% | °C | | | | 360 | | 360 |
| FAME contenido EN 14078 | % | | | 0 | 7 | 5 | 10 |
| Estabilidad a la oxidación EN 14112 | Horas | 6 | | 20 | | 20 | |
| Estabilidad a la oxidación ASTM D2274 115°C | | | | | 25 | | 25 |
| Índice de ácido | mg KOH/g | | 0,5 | | | | 0,05 |
| Variación Índice de ácido | mg KOH/g | | | | | | 0,12 |
| Contenido de fósforo | mg/kg | | 10 | | | | 0,2 |
| Índice de yodo | g de yodo/100g | | 120 | | | | |
| Éster de metilo de ácido linoléico | % (m/m) | | 12 | | | | |
| Ésteres de metilo poli-insaturados (> = a 4 dobles enlaces) | % (m/m) | | 1 | | | | |
| Contenido de metanol | % (m/m) | | 0,2 | | | | |
| Contenido en monoglicéidos | % (m/m) | | 0,8 | | | | |
| Contenido en diglicéidos | % (m/m) | | 0,2 | | | | |
| Contenido en triglicéidos | % (m/m) | | 0,2 | | | | |
| Glicerol libre | % (m/m) | | 0,02 | | | | |
| Glicerol total | % (m/m) | | 0,25 | | | | |
| Metales del grupo I (Na+K) | K mg/kg | | 5 | | | | |
| Metales del grupo II (Ca+Mg) I | mg/kg | | 5 | | | | |

En la reacción de transesterificación se utiliza un catalizador para mejorar la velocidad de reacción y el rendimiento final, amén que sin él no sería posible

esta reacción. Los catalizadores pueden ser ácidos homogéneos (H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4 , RSO_3), ácidos heterogéneos (Zeolitas, Resinas Sulfónicas, SO_4/ZrO_2 , WO_3/ZrO_2), básicos heterogéneos (MgO , CaO , $Na/NaOH/Al_2O_3$), básicos homogéneos (KOH , $NaOH$) o enzimáticos (Lipasas: *Candida*, *Penicillium*, *Pseudomonas*); de todos ellos, los catalizadores que se suelen utilizar a escala comercial son los catalizadores homogéneos básicos ya que actúan mucho más rápido y además permiten operar en condiciones moderadas. En el caso de la reacción de transesterificación, cuando se utiliza un catalizador ácido se requieren condiciones de temperaturas elevadas y tiempos de reacción largos, por ello es frecuente la utilización de derivados de ácidos más activos. Sin embargo, la utilización de álcalis, que como se ha comentado es la opción más utilizada a escala industrial, implica que los glicéridos y el alcohol deben ser anhidros (<0,06 % v/v) para evitar que se produzca la saponificación. Además, los triglicéridos deben tener una baja proporción de ácidos grasos libres para evitar que se neutralicen con el catalizador y se formen también jabones.

De esta manera las reacciones secundarias que se pueden dar son las siguientes:

- Reacción de saponificación
- Reacción de neutralización de Ácidos grasos libres

Se ha probado la metanólisis del aceite de soja en presencia del 1% de H_2SO_4 con una relación molar alcohol/aceite de 30:1 [Freedman, 1986]. A una temperatura de reacción de 65 °C se completó la conversión en 20 horas, mientras la butanólisis a 177 °C y la etanólisis a 78 °C usando las mismas cantidades de alcohol, necesitaron 3 y 18 horas, respectivamente.

Actualmente, la mayor parte del biodiésel producido, procede de aceites vegetales al que se le añade metanol y un catalizador alcalino. Sin embargo hay muchos aceites de bajo costo y grasas animales que pueden ser utilizados. Su problema radica en que suelen contener gran cantidad de ácidos grasos que no se pueden convertir en biodiésel usando catalizadores alcalinos. En estos casos es necesario hacer la esterificación en dos etapas: inicialmente

debe realizarse un pretratamiento para convertir los FFA en esteres metílicos con un catalizador ácido, y en un segundo paso se realiza la transesterificación con un catalizador alcalino, para completar la reacción.

La formación de éster etílico comparativamente es más difícil que la de éster metílico, especialmente la formación de una emulsión estable durante la etanólisis es un problema. El etanol y el metanol no se disuelven con los triglicéridos a temperatura ambiente y la mezcla debe ser agitada mecánicamente para que haya transferencia de masa. Durante la reacción generalmente se forma una emulsión, en la metanólisis esta emulsión desciende rápidamente formándose una capa rica en glicerol quedándose en la parte superior otra zona rica en éster metílico. En cambio en la etanólisis esta emulsión no es estable y complica mucho la separación y purificación de los esteres etílicos. La emulsión está causada en parte por la formación de monoglicéricos y diglicéricos intermedios, que contienen tanto grupos hidróxidos polares como cadenas de hidrocarburos no polares.

La transesterificación se puede producir a diferentes temperaturas, dependiendo del tipo de aceite. En el caso de aceite refinado con metanol (6:1) al 1% NaOH, la reacción se estudió a tres temperaturas diferentes. Después de 6 minutos los rendimientos fueron 94%, 87% y 64% para temperaturas de 60, 45 y 32 °C, respectivamente. Después de una hora la formación del éster era idéntica para 60 y 45 °C y ligeramente menor para 32 °C.

La elección de la tecnología será función de la capacidad deseada de producción, alimentación, calidad y recuperación del alcohol y del catalizador. En general, plantas de menor capacidad y diferente calidad en la alimentación suelen utilizar procesos Batch o discontinuos. Los procesos continuos, sin embargo, son más idóneos para plantas de mayor capacidad que justifique el mayor número de personal y requieren una alimentación más uniforme.

III.8 Evaluación ambiental

Más del 75% de las emisiones de los seis gases de efecto invernadero contemplados por el Protocolo de Kyoto tienen origen energético

(concretamente el 78% de acuerdo con los datos del inventario de emisiones correspondiente al año 2002 publicado por el Ministerio de Medio Ambiente). Pero con ser importante, el cambio climático no es el único impacto ambiental negativo derivado del uso creciente de fuentes energéticas no renovables. La generación eléctrica en plantas de carbón, fuel o gas natural produce la emisión a la atmósfera de compuestos contaminantes diversos, óxidos de azufre, de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, etc., que son responsables de diversos daños al medio ambiente: acidificación, disminución de la capa de ozono –por emisión de halones o CFC's de los sistemas de fuelóleo–, eutrofización de las aguas de los ríos, niebla fotoquímica y contaminación por emisión de sustancias carcinógenas.

Estos impactos sobre el medio ambiente provocan el deterioro de los ecosistemas naturales y la pérdida de biodiversidad, además de daños sobre la salud humana, por lo que, en última instancia, de nuevo, producen un deterioro del bienestar social.

Todos estos impactos comentados, constituyen externalidades o costes externos no incorporados en el precio de los productos energéticos, por lo que el precio pagado por los mismos no incluye todo el ciclo de vida del producto.

El aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía ofrece un amplio rango de beneficios ambientales: puede contribuir a mitigar el cambio climático y el efecto invernadero, reducir la lluvia ácida, prevenir la erosión de los suelos y la contaminación de las fuentes de agua, reducir la presión provocada por la basura urbana, enriquecer el hábitat de la vida silvestre y ayudar a mantener la salud humana y estabilidad de los ecosistemas.

a. Cambio climático

La actividad humana, principalmente el uso de combustibles fósiles, emite millones de toneladas de los denominados "gases de efecto invernadero" a la atmósfera. Estos incluyen el dióxido de carbono y el metano, entre otros, y contribuyen a modificar el clima global. El metano que escapa de los vertederos

y de las aguas residuales de procesos industriales, agrícolas y urbanos, puede ser minimizado al convertirlo en energía térmica, eléctrica o mecánica.

Todas las cosechas, incluyendo las plantaciones energéticas, capturan carbono a través de las plantas mientras crecen, produciendo un balance natural de carbono en los suelos. Cuando se quema biomasa, el dióxido de carbono liberado es absorbido por la siguiente cosecha en crecimiento; este se denomina un "ciclo cerrado de carbono". De hecho, la cantidad de carbono secuestrado puede ser mayor que la del liberado durante la combustión debido a que muchos de los cultivos energéticos son permanentes: al utilizar solo una parte de la planta las raíces, además de estabilizar los suelos, secuestran carbono en su regeneración año tras año.

b. Lluvia ácida

La lluvia ácida es causada, principalmente, por las emanaciones de sulfuro y óxido de nitrógeno de la combustión de hidrocarburos y causa la muerte de cultivos y la contaminación de las aguas; además de ser nocivo para la vida humana y silvestre. Dado que la biomasa no tiene contenido de sulfuro, su conversión en energía no produce lluvia ácida.

c. Erosión de suelos y contaminación de agua

Los cultivos y plantaciones energéticas ayudan a estabilizar los suelos, lo cual reduce la erosión y la pérdida de nutrientes.

Los procesos de digestión anaeróbica reducen la contaminación del agua debido a que se usan desechos animales y agrícolas antes de que penetren en los suelos y lleguen a los ríos.

La combustión de los desechos de aserraderos puede evitar que el aserrín y las astillas producidas contaminen los ríos que deben alimentar, luego, los procesos agrícolas aguas abajo.

d. Contaminación por basura urbana

El aprovechamiento de los residuos urbanos y agrícolas reduce el volumen de los vertederos y la generación del gas metano. Esto permite convertir un producto contaminante en energía libre de emanaciones nocivas para el ambiente.

e. Hábitat silvestre

Los cultivos energéticos son hábitat de todo tipo de vida silvestre; por ejemplo los árboles ofrecen posibilidades para que la vida acuática florezca, al proveer sombra y estabilizar los cauces de ríos y las orillas de los lagos. Ciertas plantaciones energéticas pueden ofrecer refugio para aves y otros animales, especialmente si son planificados apropiadamente; además, pueden ser un soporte vital para bosques centenarios que albergan hábitats no sustituibles.

III.8.1 El papel de las energías renovables en la lucha contra el cambio climático

El protocolo de Kyoto, acuerdo adoptado en diciembre de 1997 en la 3ª conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, establece en algo más de un 5% la reducción global de las emisiones de los seis principales gases de efecto invernadero (GEI) en el periodo de compromiso 2008-2012 respecto a los valores de 1990. Los objetivos individuales de reducción de las emisiones de GEI por países se determinaron teniendo en cuenta la necesidad de mantener un crecimiento económico sostenible, así como la disponibilidad de tecnologías en cada uno de los Estados, de tal forma que para la Unión Europea, el objetivo de reducción quedó establecido en el 8%, para USA en el 7% y para Japón en el 6%.

Desde el año 2005, en el que ha entrado en vigor el Protocolo de Kyoto, se ha reconocido la *burbuja comunitaria* en la que España tiene limitado el crecimiento de las emisiones de los seis gases de efecto invernadero considerados en dicho Protocolo en un 15% (respecto a los niveles de 1990) en el periodo 2008-2012. Si nos guiamos de las cifras obtenidas del inventario de

gases de efecto invernadero correspondientes al año 2002, el aumento de las emisiones superaba ya a finales de este año el 39%, por lo que se deberá producir una reducción de los mismos si no queremos incurrir en el régimen sancionador creado por la Unión Europea para los países que no cumplen con la citada reducción.

Fruto de estas políticas, se han desarrollado Directivas sobre el Comercio de Emisiones, en la que los Estados miembros están obligados a crear un mercado de derechos de emisión, con entrada en funcionamiento en el año 2005, en el que puede participar cualquier sujeto sobre la base de los derechos creados al amparo de un *Plan Nacional de Asignación*. La primera fase cubre las emisiones de CO₂ de las grandes instalaciones industriales y de producción de energía.

El *Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de CO₂, 2005-2007* (PNA 2005-2007) para España determina la cantidad total de derechos de emisión que se asignarán a los sectores incluidos en la Directiva.

La generación eléctrica con fuentes de energía renovables no emite CO₂ durante la fase de operación de las instalaciones de producción. No obstante, considerado todo el ciclo de vida del kilovatio hora de origen renovable, existen emisiones de CO₂ en las fases de fabricación, transporte o instalación de los equipos, por lo que el balance global es positivo aunque siempre inferior al de la generación eléctrica con fuentes convencionales – considerando también el ciclo de vida –. El mayor recurso del sistema energético a las fuentes de energía de origen renovable minimiza la contribución del mismo al efecto invernadero y reduce las externalidades ambientales de la generación de energía eléctrica, o costes externos no imputados al precio del kilovatio hora.

III.8.2 Las energías renovables como alternativa de menor impacto

Los impactos ambientales del sistema energético son múltiples y una consecuencia no deseada de la utilización intensiva de combustibles fósiles. Los impactos ambientales derivados de la producción y consumo de energías renovables son de dos tipos:

- Impactos ambientales positivos definidos al evitar los efectos negativos del uso de las fuentes energéticas a las que sustituyen.
- Impactos ambientales debidos a la producción y consumo de las energías renovables.

Entre los primeros impactos cabe destacar el papel que pueden desempeñar las energías renovables en la reducción de las emisiones de CO₂, pero también a la reducción de otras emisiones agravadas por la producción energética, o por procesos de combustión de fuentes fósiles, como son las emisiones de SO₂, NO_x y partículas, culpables de impactos a nivel global, como la lluvia ácida o el aumento del ozono troposférico, o la disminución del ozono estratosférico (en el que están presentes un gran número de compuestos emitidos durante la combustión de fuentes fósiles).

En la generación de electricidad (tanto en térmicas como en nucleares) se emiten otra serie de compuestos como el monóxido de carbono, metano, metales pesados y sustancias radiactivas. En el caso de las nucleares, además hay los impactos radiológicos, de la emisión de radionucleótidos, además de los impactos generados de la propia gestión de los residuos de baja, media y alta actividad y largo periodo de desintegración.

La evaluación de los impactos ambientales de cualquier producto debe realizarse considerando todas las etapas del ciclo de vida del mismo, y en particular para la generación de un kilovatio hora. Los impactos ambientales de generación eléctrica son diferentes según sea la tecnología utilizada e, incluso, susceptibles de ser evaluados en términos económicos: los impactos sobre la salud o las actividades productivas derivados del aumento de la concentración de contaminantes en el medio atmosférico, sobre la capa de ozono o el calentamiento global, son diez veces superiores en una planta que utiliza carbones (7.37 c€ por kWh) que en una planta de ciclo combinado de gas natural (0.68 c€ por kWh). Del orden de 60 veces superiores, si se compara la generación de 1 kilovatio hora en una planta de carbón con la generación de 1 kilovatio hora en un parque eólico. La generación de origen hidroeléctrico, en

pequeñas centrales de potencia menor o igual a 10 MW, provoca los menores impactos.

Respecto a los impactos debidos al consumo o la producción de energía renovable, hay que considerar los posibles impactos paisajísticos asociados a la explotación de determinadas instalaciones de producción eléctrica con fuentes renovables y aquellos asociados a la ocupación del territorio, de los que no están exentas, sin embargo, las instalaciones de generación eléctrica con fuentes convencionales.

III.8.3 Propuesta de Directiva sobre el uso de la energía renovable

La propuesta de Directiva del Parlamento Europeo de promoción del uso de energía renovable, en su versión 15.4 de 23.01.08 especifica:

(34) La producción de biocarburantes debe ser sostenible para el medio ambiente. Los biocarburantes utilizados para cumplir los objetivos fijados en la presente Directiva y los que se benefician de los sistemas de ayuda nacionales deben por tanto cumplir obligatoriamente criterios de sostenibilidad ambiental.

(35) La introducción de criterios de sostenibilidad ambiental para los biocarburantes se alejará de su objetivo si conduce a la fabricación de productos que no cumplen dichos criterios y que se utilizan como biolíquidos en los sectores de la calefacción o la electricidad en lugar de utilizarse como biocarburantes. Por este motivo, los criterios de sostenibilidad ambiental deben aplicarse también a los biolíquidos en general.

(36) Si las zonas con grandes reservas de carbono, en el suelo o en la vegetación, se reconvierten para cultivar materias primas para producir biocarburantes y otros biolíquidos, una parte del carbono almacenado se liberará normalmente a la atmósfera, formando dióxido de carbono. El efecto negativo, en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, de esta medida puede contrarrestar, en algunos casos ampliamente, el efecto positivo de la utilización de los biocarburantes o biolíquidos. Todos los efectos de la reconversión, en términos de producción de carbono, deben por tanto tenerse en cuenta en el cálculo de la reducción de las emisiones de gases de efecto

invernadero obtenida con el uso de determinados biocarburantes y otros biolíquidos. Ello es necesario para asegurarse de que, al calcular la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, se tienen en cuenta todos los efectos del carbono derivados del uso de biocarburantes y otros biolíquidos.

(38) Para evitar que los agentes económicos deban emprender investigaciones innecesariamente laboriosas e impedir la reconversión de suelos con grandes reservas de carbono que, retrospectivamente, no resultarían idóneos para el cultivo de materias primas destinadas a la producción de biocarburantes y otros biolíquidos, los tipos de suelos cuya pérdida de reservas de carbono tras su reconversión no se vería compensada, dentro de un plazo razonable habida cuenta de la urgencia de luchar contra el cambio climático, con una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero derivada de la producción de biocarburantes y otros biolíquidos, no deben reconvertirse para la producción de biocarburantes y otros biolíquidos. Los inventarios de reservas mundiales de carbono permiten concluir que los humedales y las zonas arboladas continuas deben incluirse en esta categoría.

(39) Los incentivos previstos en la presente Directiva para los biocarburantes y otros biolíquidos y la creciente demanda mundial de estos productos, no deben tener como efecto alentar la destrucción de suelos ricos en biodiversidad. Deben preservarse estos recursos agotables, cuyo valor para toda la humanidad se reconoce en diversos instrumentos internacionales. Los consumidores en la Comunidad, además, considerarían moralmente inaceptable que aumentar la utilización de biocarburantes y otros biolíquidos provoque la destrucción de áreas biodiversas. Por estos motivos, es necesario prever criterios que garanticen que los biocarburantes y otros biolíquidos sólo puedan beneficiarse de incentivos cuando pueda asegurarse que no proceden de tierras con una rica biodiversidad. Con arreglo a los criterios elegidos, un bosque se considera rico en biodiversidad cuando no se ve alterado por ninguna actividad humana importante (según la definición utilizada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas y la Conferencia Ministerial sobre la Protección de los Bosques en Europa¹⁴) o cuando está

protegido por legislaciones nacionales con fines de protección de la naturaleza. Además, considerando la gran riqueza desde el punto de vista de la biodiversidad de algunos prados y pastizales, resulta también conveniente que los biocarburantes producidos a partir de materias primas procedentes de este tipo de suelos no puedan beneficiarse de los incentivos previstos por la presente Directiva. La Comisión debe fijar criterios o áreas geográficas que permitan definir estos prados y pastizales con una rica biodiversidad, de conformidad con los mejores datos científicos disponibles y las normas internacionales pertinentes.

(40) Si los biocarburantes y otros biolíquidos se fabrican a partir de materias primas producidas en la UE, deben respetar también los requisitos ambientales de la UE para la agricultura. La aplicación de tales criterios a productos importados de terceros países es inviable desde el punto de vista administrativo y técnico.

(41) Los criterios de sostenibilidad ambiental solamente serán eficaces si conducen a cambios en el comportamiento de los agentes del mercado. Éstos sólo modificarán su comportamiento si pueden vender los biocarburantes y otros biolíquidos que cumplen los criterios a un precio más elevado, en comparación con los productos que no los cumplen. Con arreglo al método de balance de masa para verificar el cumplimiento, existe un vínculo físico entre la producción de biocarburantes y otros biolíquidos que satisfacen los criterios y el consumo de biocarburantes y otros biolíquidos en la Comunidad, lo que permite un equilibrio adecuado entre oferta y demanda y garantiza un incremento del precio superior al que se observa en los sistemas en los que no existe dicho vínculo. Por consiguiente, para garantizar que los biocarburantes y otros biolíquidos que cumplen los criterios de sostenibilidad ambiental puedan venderse a un precio más elevado, manteniendo la integridad del sistema y evitando al mismo tiempo la imposición de cargas irrazonables a la industria, debe utilizarse el sistema de balance de masa para verificar el cumplimiento. No obstante, deben examinarse otros métodos de verificación.

(42) A la Comunidad le interesa fomentar el desarrollo de acuerdos multilaterales y bilaterales, y regímenes voluntarios internacionales o nacionales que establezcan normas para la producción de biocarburantes y otros biolíquidos sostenibles, y que certifiquen que el proceso de producción de estos biocarburantes y biolíquidos cumple dichas normas. Por esa razón, procede decidir que tales acuerdos o regímenes proporcionan pruebas y datos fiables, a condición de que cumplan normas adecuadas de fiabilidad, transparencia y auditoría independiente.

(43) Es necesario establecer normas claras para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de biocarburantes y otros biolíquidos y las correspondientes a los combustibles fósiles de referencia.

(44) En el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción y el consumo de combustibles, deben incluirse los coproductos. Con fines de análisis político, procede aplicar el método de sustitución. En cambio, a efectos de la normativa aplicable a los diferentes operadores y partidas de combustibles de transporte, este método no es apropiado. En estos casos, el método de asignación de energías es el más idóneo, porque es fácil de aplicar, es previsible en el tiempo, minimiza los incentivos contraproducentes y ofrece resultados generalmente comparables a los obtenidos con el método de sustitución. Con fines de análisis político, la Comisión debe también transmitir, en su informe, los resultados obtenidos con el método de sustitución.

(45) Para evitar una carga administrativa excesiva, debe elaborarse una lista de valores por defecto para procesos comunes de producción de biocarburantes. Los biocarburantes y otros biolíquidos deben poder siempre atribuirse el nivel de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que figure en esta lista. Si el valor por defecto asignado a la reducción de estas emisiones en un proceso de producción se sitúa por debajo del nivel mínimo requerido, los productores que deseen demostrar que cumplen este nivel mínimo deben probar que las emisiones realmente generadas por su proceso de producción son inferiores a las que se asumieron para calcular los valores por defecto.

(46) Para evitar que se fomente el cultivo de materias primas para la producción de biocarburantes y otros biolíquidos en lugares en los que ello implicaría emisiones elevadas de gases de efecto invernadero, la aplicación de valores por defecto para los cultivos debe limitarse a las regiones en las que este efecto pueda realmente descartarse.

(47) Los requisitos de un régimen de sostenibilidad para los usos energéticos de la biomasa, distintos de la producción de biolíquidos y biocarburantes, deben ser analizados por la Comisión de aquí a 2010, teniendo en cuenta la necesidad de gestionar los recursos de biomasa de manera sostenible.

(48) Para que la cuota de biocarburantes alcance el 10%, es necesario garantizar que el gasóleo comercializado tenga un contenido en biodiésel superior al previsto en la norma EN590/2004.

(49) Para garantizar la viabilidad comercial de los biocarburantes que diversifican la gama de materias primas utilizadas, hay que dar más peso a estos biocarburantes en las obligaciones nacionales en materia de biocarburantes.

(50) Deben elaborarse informes periódicos para garantizar una atención continua a los progresos en el desarrollo de las energías renovables a nivel nacional y comunitario.

(51) Las medidas de apoyo adoptadas en el marco de la presente Directiva que constituyan ayudas estatales a tenor del artículo 87 del Tratado deben ser notificadas a la Comisión y aprobadas por ésta antes de su ejecución, de conformidad con el artículo 88, apartado 3, del Tratado. La información facilitada a la Comisión sobre la base de la presente Directiva no exime a los Estados miembros de su obligación de notificación en virtud del artículo 88, apartado 3, del Tratado.

(52) Al diseñar sus sistemas de apoyo, los Estados miembros podrán fomentar el uso de biocarburantes que aporten ventajas adicionales (en particular la diversificación que permiten los biocarburantes obtenidos a partir de desechos,

residuos, materias celulósicas no alimentarias y material lignocelulósico), teniendo debidamente en cuenta la diferencia de costes entre la producción de energía a partir de biocarburantes tradicionales, por un lado, y a partir de biocarburantes que aportan ventajas adicionales, por otro. Los Estados miembros podrán impulsar la inversión en el desarrollo de tecnologías de energía renovable que requieran tiempo para llegar a ser competitivas.

(53) Puesto que la finalidad primaria de las medidas previstas en los artículos 15 a 17 de la presente Directiva es garantizar el correcto funcionamiento del mercado interior, armonizando las condiciones de sostenibilidad que deben cumplir los biocarburantes y otros biolíquidos para determinados fines y facilitando así los intercambios entre Estados miembros de biocarburantes y otros biolíquidos que cumplen estas condiciones, dichas medidas se basan en el artículo 95 del Tratado. Puesto que la finalidad primaria de las demás medidas previstas en la presente Directiva es la protección del medio ambiente, éstas se basan en el artículo 175, apartado 1, del Tratado.

(57) Dado que los objetivos generales de conseguir una cuota del 20% de energías renovables en el consumo total de energía de la UE y una cuota del 10% en lo tocante al consumo de biocarburantes sobre el total de combustibles de transporte (gasóleo y gasolina) consumidos en la UE para 2020 no pueden ser alcanzados de manera suficiente por los Estados miembros y que, por tanto, habida cuenta de la dimensión de la acción, pueden lograrse mejor a nivel comunitario, la Comunidad puede adoptar medidas, conforme al principio de subsidiariedad consagrado en el artículo 5 del Tratado. De conformidad con el principio de proporcionalidad enunciado en dicho artículo, la presente Directiva no excede de lo necesario para alcanzar estos objetivos.

Así en su artículo nº 15 y nº 16 establece:

Artículo 15. Criterios de sostenibilidad ambiental para los biocarburantes y otros biolíquidos

1. Los biocarburantes y otros biolíquidos se tendrán en cuenta para los fines enumerados en las letras a), b) y c) siguientes solamente si cumplen los criterios establecidos en los apartados 2 a 5:

(a) para evaluar el cumplimiento de los requisitos de la presente Directiva en relación con los objetivos nacionales;

(b) para evaluar el cumplimiento de las obligaciones de utilizar energías renovables;

(c) para determinar la posibilidad de optar a una ayuda financiera al consumo de biocarburantes y otros biolíquidos.

2. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero derivada del uso de biocarburantes y otros biolíquidos considerados para los fines mencionados en el apartado 1, será de un 35% como mínimo. En el caso de los biocarburantes y otros biolíquidos producidos por instalaciones operativas en enero de 2008, el párrafo primero será aplicable a partir del 1 de abril de 2013.

3. Los biocarburantes y otros biolíquidos que se tengan en cuenta para los fines mencionados en el apartado 1 no se producirán a partir de materias primas procedentes de tierras de elevado valor en cuanto a biodiversidad, es decir tierras que en enero de 2008 o después de dicha fecha pertenecían a una de las siguientes categorías, con independencia de que sigan encontrándose en la misma situación:

(a) bosque inalterado por una actividad humana importante, es decir, un bosque en el que no se ha producido ninguna intervención humana importante conocida o en el que la última intervención humana importante haya tenido lugar en un pasado suficientemente lejano para permitir el restablecimiento de la composición de especies y los procesos naturales;

(b) zonas designadas con fines de protección de la naturaleza, a menos que se demuestre que la producción de las materias primas no ha interferido con dichos fines;

(c) prados y pastizales con una rica biodiversidad, es decir ricos en especies, no fertilizados ni degradados. La Comisión determinará los criterios y áreas geográficas que permitan designar los prados y pastizales cubiertos por la letra c). Esta medida, destinada a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, se adoptará con arreglo al procedimiento de reglamentación con control previsto en el artículo 21, apartado 3.

4. Los biocarburantes y otros biolíquidos que se tengan en cuenta para los fines mencionados en el apartado 1 no se fabricarán a partir de materias primas procedentes de tierras con elevadas reservas de carbono, es decir tierras que en enero de 2008 pertenecían a una de las siguientes categorías y que ya no se encuentran en dicha situación:

(a) humedales, es decir tierras cubiertas de agua o saturadas por agua permanentemente o durante una parte importante del año, incluidas las turberas vírgenes;

(b) zonas arboladas continuas, es decir tierras con una extensión superior a una hectárea, con árboles de una altura superior a cinco metros y una cubierta de copas superior al 30%, o con árboles que pueden alcanzar estos límites in situ. Lo dispuesto en el presente apartado no será de aplicación si en el momento de obtener las materias primas las tierras pertenecían a la misma categoría que en enero de 2008.

5. Las materias primas agrícolas cultivadas en la Comunidad y utilizadas para la producción de biocarburantes y otros biolíquidos que se tengan en cuenta para los fines mencionados en el apartado 1, se obtendrán de conformidad con los requisitos y normas previstos en las disposiciones enumeradas en el anexo III, punto A, del Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo¹⁷ en título «Medio ambiente» y de conformidad con los requisitos mínimos de las buenas

condiciones agrarias y medioambientales definidos con arreglo al artículo 5, apartado 1, de dicho Reglamento.

6. Los Estados miembros no se negarán a tener en cuenta, para los fines mencionados en el apartado 1, los biocarburantes y otros biolíquidos obtenidos de conformidad con el presente artículo, por otros motivos de sostenibilidad.

7. A más tardar el 31 de diciembre de 2010, la Comisión informará sobre los requisitos de un sistema de sostenibilidad para los usos energéticos de la biomasa, distintos de los biocarburantes y otros biolíquidos. El informe irá acompañado, en su caso, de propuestas al Parlamento Europeo y al Consejo relativas a un sistema de sostenibilidad para otros usos energéticos de la biomasa.

Artículo 16. Verificación del cumplimiento de los criterios de sostenibilidad ambiental para los biocarburantes y otros biolíquidos

1. Cuando los biocarburantes y otros biolíquidos deban tenerse en cuenta para los fines mencionados en el artículo 15, apartado 1, los Estados miembros obligarán a los agentes económicos a demostrar el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad ambiental enunciados en el artículo 15. Con este fin, exigirán a los agentes económicos que utilicen un sistema de balance de masa que disponga lo siguiente:

agentes

(a) las partidas de materias primas o biocarburantes con características diferentes de sostenibilidad pueden mezclarse;

(b) la información relativa a las características de sostenibilidad ambiental y el volumen de las partidas a que se refiere la letra a) permanece asociada a la mezcla; y

(c) se garantiza que la suma de todas las partidas retiradas de la mezcla tienen las mismas características de sostenibilidad, en las mismas cantidades, que la suma de todas las partidas añadidas a la mezcla.

2. La Comisión informará al Parlamento Europeo y al Consejo en 2010 y 2012 sobre el funcionamiento del método de verificación por balance de masa descrito en el apartado 1 y sobre la posibilidad de prever otros métodos de verificación en relación con una parte o la totalidad de los tipos de materias primas o biocarburantes. En su evaluación, la Comisión considerará los métodos de verificación en los que no es preciso que la información sobre las características de sostenibilidad ambiental quede asociada físicamente a determinadas partidas o mezclas. Asimismo, la evaluación tendrá en cuenta la necesidad de mantener la integridad y eficacia del sistema de verificación, evitando al mismo tiempo la imposición de una carga irrazonable a la industria. El informe irá acompañado, en su caso, de propuestas al Parlamento Europeo y al Consejo sobre la posibilidad de autorizar otros métodos de verificación.

3. Los Estados miembros obligarán a los agentes económicos a presentar información fiable y a poner a disposición del Estado miembro que así lo solicite los datos utilizados para elaborar la información. Los Estados miembros obligarán a los agentes económicos a adoptar las medidas necesarias para garantizar un nivel adecuado de auditoría independiente de la información que presenten y a demostrar la han llevado a cabo. La auditoría verificará que los sistemas utilizados por los agentes económicos son exactos, fiables y resistentes al fraude. Evaluará la frecuencia y la metodología de muestreo, así como la solidez de los datos.

4. La Comisión podrá decidir que los acuerdos bilaterales y multilaterales celebrados entre la Comunidad y terceros países demuestran que los biocarburantes y otros biolíquidos obtenidos a partir de materias primas cultivadas en dichos países cumplen los criterios de sostenibilidad ambiental del artículo 15, apartados 3 o 4. La Comisión podrá decidir que los regímenes nacionales o internacionales voluntarios que establecen normas para la producción de productos de la biomasa contienen datos exactos a efectos del artículo 15, apartado 2, o demuestran que las partidas de biocarburantes cumplen con criterios de sostenibilidad ambiental del art. 15, apartados 3 o 4. La Comisión podrá decidir que los regímenes nacionales, multinacionales o

internacionales destinados a medir la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero contienen datos exactos a efectos del art. 15, apartado 2.

5. La Comisión solamente adoptará las decisiones a que se refiere el apartado 4 si el acuerdo o el régimen en cuestión cumple criterios adecuados de fiabilidad, transparencia y auditoría independiente. Los regímenes destinados a medir la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero también cumplirán los requisitos metodológicos del anexo VII.

6. Las decisiones a que se refiere el apartado 4 se adoptarán de acuerdo con el procedimiento previsto en el artículo 21, apartado 2. Estas decisiones serán válidas durante un período no superior a cinco años.

7. Cuando un agente económico presente pruebas o datos obtenidos en el marco de un acuerdo o régimen que ha sido objeto de una decisión, de conformidad con el apartado 4, el Estado miembro no obligará al proveedor a proporcionar otras pruebas del cumplimiento del criterio de sostenibilidad ambiental correspondiente.

8. A petición de un Estado miembro o por propia iniciativa, la Comisión examinará la aplicación del artículo 15 en relación con una fuente de biocarburante u otro biolíquido y, en un plazo de seis meses a partir de la recepción de una solicitud y de conformidad con el procedimiento mencionado en el artículo 21, apartado 2, decidirá si el Estado miembro en cuestión puede tener en cuenta el biocarburante u otro biolíquido procedente de esa fuente para los fines del artículo 15, apartado 1.

Artículo 17. Cálculo del efecto de los biocarburantes y otros biolíquidos en las emisiones de gases de efecto invernadero

1. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero resultante del uso de biocarburantes y otros biolíquidos a efectos del artículo 15, apartado 2, se calculará del siguiente modo:

(a) en el caso de los biocarburantes, si en el anexo VII, parte A o B, se establece un valor por defecto para la reducción de emisiones de gases de

efecto invernadero para el proceso de producción de los biocarburantes, utilizando este valor por defecto;

(b) utilizando un valor real calculado de conformidad con la metodología establecida en el anexo VII, parte C; o

(c) utilizando un valor calculado de conformidad con la metodología establecida en el anexo VII, parte C, correspondiente a la suma de valores reales para algunas etapas del proceso de producción y los valores por defecto desagregados del anexo VII para las demás etapas del proceso de producción.

2. A más tardar el 31 de marzo de 2010, los Estados miembros presentarán a la Comisión un informe que incluya una lista de las entidades de su territorio clasificadas en el nivel NUTS 2 en el Reglamento (CE) nº 1059/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo¹⁸ en las que cabe esperar que las emisiones típicas de gases de efecto invernadero procedentes del cultivo de materias primas agrícolas sean inferiores o equivalentes a las emisiones notificadas en el título «Cultivo» del anexo VII, parte D, de la presente Directiva, acompañada de una descripción del método y de los datos utilizados para elaborar dicha lista. El método tendrá en cuenta las características del suelo, el clima y el rendimiento previsto de las materias primas.

3. Los valores por defecto del anexo VII, parte A, para los biocarburantes, y los valores por defecto desagregados para el cultivo del anexo VII, parte A, para los biocarburantes y otros biolíquidos, se aplicarán únicamente si sus materias primas se cultivan:

a) fuera de la Comunidad; o

b) en la Comunidad en regiones que figuran en las listas mencionadas en el apartado 2. En el caso de los biocarburantes y otros biolíquidos no contemplados en ninguno de los párrafos anteriores, se utilizarán los valores reales para el cultivo.

4. La Comisión informará a más tardar el 31 de diciembre de 2012 sobre las estimaciones de los valores típicos y los valores por defecto del anexo VII,

partes B y E, prestando especial atención a las emisiones procedentes del transporte y la transformación, y podrá, en su caso, decidir corregir los valores. Esta medida, destinada a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, se adoptará con arreglo al procedimiento de reglamentación con control previsto en el artículo 21, apartado 3.

5. El anexo VII podrá adaptarse a los progresos técnicos y científicos. Esta medida, destinada a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, se adoptará con arreglo al procedimiento de reglamentación con control previsto en el artículo 21, apartado 3. Cualquier adaptación o incorporación a la lista de valores por defecto del anexo VII respetará las siguientes normas:

si la contribución de un factor a las emisiones globales es pequeña, o si la variación es limitada, o si el coste o la dificultad de elaborar valores reales es elevado, los valores por defecto serán los valores típicos de los procesos de producción normales; en todos los demás casos, los valores por defecto serán conservadores en comparación con los procesos de producción normales.

ANEXO VII - Normas para calcular el impacto de los biocarburantes, otros iolíquidos y los combustibles fósiles de referencia en las emisiones de gases de efecto invernadero

A. Valores típicos y valores por defecto para los biocarburantes producidos sin emisiones netas de carbono debidas a cambios en el uso del suelo (Tabla 29).

B. Valores típicos y valores por defecto estimados para los futuros biocarburantes que no se encuentran o se encuentran en cantidades insignificantes en el mercado en enero de 2008, producidos sin emisiones netas de carbono debidas a cambios en el uso del suelo (Tabla 30).

Metodología

1. Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción y el uso de combustibles de transporte, biocarburantes y otros biolíquidos se calcularán con la fórmula siguiente:

$$E = eec + el + ep + etd + eu - eccs - eccr - eee,$$

siendo

E - Emisiones totales procedentes del uso del combustible;

eec - Emisiones procedentes de extracción o del cultivo de las materias primas

el - las emisiones anualizadas procedentes de las modificaciones en las reservas de carbono causadas por el cambio en el uso del suelo;

ep - las emisiones procedentes de la transformación;

etd - las emisiones procedentes del transporte y la distribución;

eu - las emisiones procedentes del combustible cuando se utiliza;

eccs - Reducción emisiones procedente de la captura y retención del carbono

eccr = Reducción emisiones procedente de la captura y sustitución del carbono

eee = la reducción de emisiones procedente de la electricidad excedentaria de la cogeneración. No se tendrán en cuenta las emisiones procedentes de la fabricación de maquinaria y equipos.



Tabla 29. Valores para la producción de biocarburantes

| Proceso de producción de Biocarburante | Tipicos | Por defecto |
|---|---|-------------|
| Etanol de remolacha azucarera | 48% | 35% |
| Etanol de trigo (combustible de proceso no especificado) | 21% | 0% |
| Etanol de trigo (lignito como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración) | 21% | 0% |
| Etanol de trigo (gas natural como combustible de proceso en calderas convencionales) | 45% | 33% |
| Etanol de trigo (gas natural como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración) | 54% | 45% |
| Etanol de trigo (paja como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración) | 69% | 67% |
| Etanol de maíz, producción comunitaria (gas natural como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración) | 56% | 49% |
| Etanol de caña de azúcar | 74% | 74% |
| Parte del ETBE (etil-terc-butil-éter) procedente de fuentes renovables | Iguales al proceso utilizado de producción del etanol | |
| Parte del TAAE (terc-amil-etil-éter) procedente de fuentes renovables | Iguales al proceso utilizado de producción del etanol | |
| Biodiésel de colza | 44% | 36% |
| Biodiésel de girasol | 58% | 51% |
| Biodiésel de aceite de palma (proceso no especificado) | 32% | 16% |
| Biodiésel de aceite de palma (proceso sin emisiones atmosféricas de metano en la almazara) | 57% | 51% |
| Biodiésel de aceites usados de origen vegetal o animal | 83% | 77% |
| Aceite vegetal de colza tratado con hidrógeno 49 % 45 % | 49% | 45% |
| Aceite vegetal de girasol tratado con hidrógeno 65 % 60 % | 65% | 60% |
| Aceite vegetal de palma tratado con hidrógeno (proceso no especificado) | 38% | 24% |
| Aceite vegetal de palma tratado con hidrógeno (proceso sin emisiones atmosféricas de metano en la almazara) | 63% | 60% |
| Aceite vegetal puro de colza 57 % 55 % | 57% | 55% |
| Biogás producido a partir de residuos orgánicos urbanos como gas natural comprimido | 81% | 75% |
| Biogás producido a partir de estiércol húmedo como gas natural comprimido | 86% | 83% |
| Biogás producido a partir de estiércol seco como gas natural comprimido | 88% | 85% |

Tabla 30. Valores para la producción de biocarburantes

| Proceso de producción de Biocarburante | Tipicos | Por defecto |
|--|---------|-------------|
| Etanol de paja de trigo | 87% | 85% |
| Etanol de residuos de madera | 80% | 74% |

| | | |
|---|---|-----|
| Etanol de madera cultivada | 76% | 70% |
| Gasóleo Fischer-Tropsch procedente de residuos de madera | 95% | 95% |
| Gasóleo Fischer-Tropsch procedente de madera cultivada | 93% | 93% |
| DME (dimetil-éter) de residuos de madera | 95% | 95% |
| DME (dimetil-éter) de madera cultivada | 92% | 92% |
| Metanol de residuos de madera | 94% | 94% |
| Metanol de madera cultivada | 91% | 91% |
| Parte del MTBE (metil-terc-butil-éter) procedente de fuentes renovables | Iguales al proceso de producción de metanol utilizado | |

2. Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de combustibles, E, se expresarán en gramos equivalentes de CO₂ por MJ de combustible, g CO₂eq/MJ.

3. No obstante lo dispuesto en el apartado 2, para los combustibles de transporte, los valores expresados en g CO₂eq/MJ podrán ajustarse para tener en cuenta las diferencias entre los combustibles en términos de trabajo útil realizado, expresado en km/MJ. Sólo se procederá a tales ajustes cuando se aporten pruebas de estas diferencias.

4. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los biocarburantes y otros biolíquidos se calculará como sigue:

$$\text{REDUCCIÓN} = (\text{EF} - \text{EB})/\text{EF},$$

Siendo

EB = las emisiones totales procedentes del biocarburante u otro biolíquido; y

EF = las emisiones totales procedentes del combustible fósil de referencia.

5. Los gases de efecto invernadero que se tendrán en cuenta a efectos del apartado 1 serán CO₂, N₂O y CH₄. Con el fin de calcular la equivalencia en CO₂, estos gases se valorarán del siguiente modo: CO₂: 1 N₂O: 296 CH₄: 23

6. Las emisiones procedentes de la extracción o el cultivo de las materias primas, eec, incluirán las emisiones procedentes del proceso de extracción o el

cultivo propiamente dicho, la recogida de las materias primas, los residuos y pérdidas, y la producción de sustancias químicas o productos utilizados en la extracción o el cultivo. Se excluirá la captura de CO₂ en el cultivo de las materias primas. Se deducirán las reducciones certificadas de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema en antorcha (flaring) en los emplazamientos de producción de petróleo en cualquier parte del mundo. Las estimaciones de las emisiones procedentes de los cultivos podrán elaborarse a partir de medias calculadas para zonas geográficas más reducidas que las utilizadas en el cálculo de los valores por defecto, como alternativa a la utilización de valores reales.

7. Las emisiones anualizadas procedentes de las modificaciones en las reservas de carbono causadas por un uso diferente del suelo, el, se calcularán dividiendo las emisiones totales por igual a lo largo de 20 años. Para el cálculo de estas emisiones, se aplicará la siguiente fórmula:

$$el = (CSR - CSA) \times MWCO_2/MWC \times 1/20 \times 1/P,$$

siendo

el = las emisiones anualizadas de gases de efecto invernadero procedentes de las modificaciones en las reservas de carbono causadas por el cambio de uso del suelo (expresadas como masa equivalente de CO₂ por unidad de energía producida por biocombustibles);

CSR = las reservas de carbono por unidad de superficie asociadas al uso del suelo de referencia (expresadas como masa de carbono por unidad de superficie, incluidos tanto el suelo como la vegetación). El uso del suelo de referencia será el uso del suelo en enero de 2008, o bien 20 años antes de que se obtuvieran las materias primas si esta fecha es más reciente;

CSA = las reservas de carbono por unidad de superficie asociadas al uso del suelo real (expresadas como masa de carbono por unidad de superficie, incluidos tanto el suelo como la vegetación).

MWCO₂ = peso molecular del CO₂ = 44,010 g/mol;

MWC = peso molecular del carbono = 12,011 g/mol; y

P = productividad de los cultivos (medida como la energía producida por los biocarburos y otros biolíquidos por unidad de superficie al año).

8. A efectos del apartado 7, podrán utilizarse los siguientes valores tanto para CSR como para CS.

Tabla 31. Reservas de carbono

| Uso del suelo Reservas de carbono | (toneladas de carbono por hectárea) |
|---|-------------------------------------|
| Plantación de palmeras de aceite | 189 |
| Praderas permanentes, es decir, prados y pastizales que llevan al menos cinco años dedicados a la producción de hierba y pasto y que no están arbolados | 181 |
| Zona ligeramente arbolada (bosque que no es una zona arbolada continua) | 181 |
| Tierras de cultivo (incluidos los prados no considerados permanentes; plantaciones de árboles oleaginosos; las tierras retiradas de la producción, de conformidad con el artículo 2, punto 1, del Reglamento (CE) nº 796/2004 de la Comisión ¹⁹ , y las tierras que fueron bosques tropicales, se talaron antes de enero de 2008, y tenían la condición de tierras abandonadas en enero de 2008) | 82 |
| Desiertos y semidesiertos | 44 |

Como variante, podrán utilizarse los valores reales tanto para CSR como para CSA.

Podrán utilizarse los valores siguientes para calcular P:

| Cultivos para la producción de biocarburos u otros biolíquidos | Rendimiento de biocarburos u otros biolíquidos (tep por hectárea) |
|--|---|
| Árboles oleaginosos | 1,5 |
| Palmeras de aceite | 4 |

Como variante, podrán utilizarse los valores reales.

9. Las emisiones procedentes de la transformación, ep, incluirán las emisiones procedentes de la transformación propiamente dicha, los residuos y pérdidas, y la producción de sustancias químicas o productos utilizados en la transformación. Para calcular el consumo de electricidad no producida en la

instalación de producción de combustible, se considerará que la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción y distribución de esa electricidad es igual a la intensidad media de las emisiones procedentes de la producción y distribución de electricidad en una región determinada. Como excepción a esta regla: a) los productores podrán utilizar un valor medio para la electricidad producida en una determinada instalación de producción de electricidad, si dicha instalación no está conectada a la red eléctrica;

b) los productores podrán atribuir una intensidad de emisiones cero a cada MWh de electricidad consumida para la cual transfieran una garantía de origen a un organismo competente, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 8, apartado 1, letra c).

10. Las emisiones procedentes del transporte y la distribución, etd, incluirán las emisiones procedentes del transporte y el almacenamiento de materias primas y semiacabadas y del almacenamiento y la distribución de materias acabadas.

11. Las emisiones procedentes del combustible cuando se utiliza, eu, se considerarán nulas para los biocarburantes y otros biolíquidos.

12. La reducción de emisiones procedente de la captura y retención del carbono, eccs, se limitará a las emisiones evitadas gracias a la captura y retención del CO₂ emitido, relacionado directamente con la extracción, el transporte, la transformación y la distribución del combustible.

13. La reducción de emisiones procedente de la captura y sustitución del carbono, eCCR, se limitará a las emisiones evitadas gracias a la captura del CO₂ cuyo carbono proviene de la biomasa y se utiliza para sustituir al CO₂ derivado de los combustibles fósiles utilizados en productos y servicios comerciales.

14. La reducción de emisiones procedente de la electricidad excedentaria de la cogeneración, eee, se tendrá en cuenta en relación con la electricidad excedentaria generada por los sistemas de producción de combustible que utilizan la cogeneración, excepto cuando el combustible utilizado para la

cogeneración sea un coproducto distinto de un residuo de cultivos agrícolas. Para contabilizar esta electricidad excedentaria, se considerará que el tamaño de la unidad de cogeneración es el mínimo necesario para que la unidad de cogeneración pueda suministrar el calor requerido para la producción del combustible. Se considerará que la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociada a esta electricidad excedentaria es igual a la cantidad de gases de efecto invernadero que se emitiría al generar una cantidad igual de electricidad en una central eléctrica alimentada con el mismo combustible que la unidad de cogeneración.

15. Si en un proceso de producción de combustible se produce, de manera combinada, el combustible sobre el que se calculan las emisiones y uno o más productos diferentes (denominados «coproductos»), las emisiones de gases de efecto invernadero se repartirán entre el combustible o su producto intermedio y los coproductos, proporcionalmente a su contenido energético (determinado por el valor calorífico inferior en el caso de los coproductos distintos de la electricidad).

16. A efectos del cálculo mencionado en el apartado 15, las emisiones que deben repartirse serán $e_{ec} + e_l +$ las fracciones de e_p , e_{td} y e_{ee} que intervienen hasta la fase del proceso en que se produce un coproducto, incluida dicha fase. Si se han asignado emisiones a coproductos en una fase anterior del proceso en el ciclo de vida, se utilizará la fracción de las emisiones asignadas al producto combustible intermedio en esa última fase, en lugar del total de las emisiones. En el caso de los biocarburantes y otros biolíquidos, todos los coproductos, incluida la electricidad que no entra en el ámbito de aplicación del apartado 14, se tendrán en cuenta a efectos de este cálculo, a excepción de los residuos de cultivos agrícolas, como la paja, el bagazo, las peladuras, los residuos de mazorca y las cáscaras de frutos secos. A efectos del cálculo, se considerará que los coproductos con un contenido energético negativo tienen un contenido energético nulo. Se considerará que los desechos, los residuos de cultivos agrícolas, incluidos la paja, el bagazo, las peladuras, los residuos de mazorca y las cáscaras de frutos secos, y los residuos procedentes de las cadenas de transformación, distintas de las

cadena de transformación de biocarburantes, sin posibilidad de utilizarse como alimentos o como piensos, son materiales sin emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo vital hasta su recogida. En el caso de los combustibles producidos en refinerías, la unidad de análisis a efectos del cálculo mencionado en el apartado 15 será la refinería.

17. En lo que respecta a los biocarburantes, a efectos del cálculo mencionado en el apartado 4, el valor del combustible fósil de referencia EF será el último valor disponible para las emisiones medias reales procedentes de la gasolina y del gasóleo consumidos en la Comunidad, notificadas en el marco de la [Directiva 98/70/CE]. Si no se dispusiera de estos datos, el valor utilizado será 83,8 g CO₂eq/MJ. Para los biolíquidos utilizados en la producción de electricidad, a efectos del cálculo mencionado en el apartado 4, el valor del combustible fósil de referencia EF será 91 g O₂eq/MJ. Para los biolíquidos utilizados en la producción de calor, a efectos del cálculo mencionado en el apartado 4, el valor del combustible fósil de referencia EF será 77 g CO₂eq/MJ. Para los biolíquidos utilizados en la cogeneración, a efectos del cálculo mencionado en el apartado 4, el valor del combustible fósil de referencia EF será 85 g CO₂eq/MJ.

El resto de tablas dan las cantidades para cada combustible.

D. Valores desagregados para los biocarburantes y otros biolíquidos

Cultivo: «eec» tal como se define en la parte C del presente anexo

Transformación (incluida electricidad excedentaria): «ep - eee» tal como se define en la parte C del presente anexo

Transporte y distribución: «etd » tal como se define en la parte C del presente anexo

E. Valores desagregados estimados para los futuros biocarburantes y biolíquidos que no se encuentran o se encuentran en cantidades insignificantes en el mercado en enero de 2008

Cultivo: «eec» tal como se define en la parte C del presente anexo

Transformación (incluida electricidad excedentaria): «ep - eee» tal como se define en aparte C del presente anexo

Transporte y distribución: «etd » tal como se define en la parte C del anexo

III.8.4 Biocarburantes

Las previsiones de producción de biocarburantes en España en el periodo 2005-2010 se reparten de la siguiente manera, así como las materias primas de las que se van a abastecer:

Tabla 32. Previsión de la producción de biocarburantes

| | ktep | % |
|--------------------------|--------------|-------|
| Bioetanol | 750 | 38,0% |
| Biodiesel | 1.222 | 62,0% |
| Total | 1.972 | |
| Cereales y Biomasa | 500 | 26% |
| Alcohol vinícola | 200 | 10% |
| Aceites vegetales puros | 1.022 | 53% |
| Aceites vegetales usados | 200 | 10% |
| Total | 1.922 | |

La información del Instituto para el ahorro y diversificación de la energía IDAE en el Plan de energías renovables PER, asignaba para Castilla y León 100 ktep en producción de biocarburantes, el nuevo plan revisado es más ambicioso, el Plan de Fomento de las Energías Renovables PFER asigna para Castilla y León la producción de 330 ktep en biocarburantes.

Tabla 33. Asignación de biocarburantes en el PFER

| BIOCARBURANTES | 2004 (ktep) | 2010 PER (ktep) | 2010 PFER (ktep) |
|-----------------|-------------|-----------------|------------------|
| Castilla y León | - | 100 | 330 |
| España | 228 | 500 | 2.200 |

Uso del etanol para reducir la demanda de gasóleo

La flota europea de vehículos muestra una predisposición hacia los vehículos de gasóleo. Sin embargo, Europa tiene una mayor capacidad de producción de bioetanol que de biodiésel, usando menos suelo y con más margen para reducir costes a través de las economías de escala. También hay margen para más importaciones de etanol de terceros países. La Comisión favorecerá el uso de etanol para reducir la demanda de gasóleo, incluyendo el uso del 95 % de etanol en motores diesel modificados. A partir de la revisión de la norma EN14214, propondrá la evaluación de un cambio que permita que el etanol sustituya al metanol en la producción de biodiésel.

III.9 Evaluación socioeconómica

III.9.1 Antecedentes generales de la evaluación

El grado de madurez tecnológica en el sector de las energías renovables es alto, especialmente, para las tecnologías eólica, minihidráulica, solar térmica y para los sistemas de combustión de productos derivados de la biomasa.

En España (referente mundial del aprovechamiento de las energías renovables) las comunidades que lideran (por número de empresas de esta índole) son: Madrid, Cataluña, Andalucía y el País Vasco. La mayoría de las empresas son de tamaño pequeño o mediano, teniendo un 25% menos de 25 empleados y sólo el 4% tiene más de 500. Muchas de estas empresas desarrollan actividades diversas, que van desde el montaje, la instalación y el mantenimiento de equipos, hasta desarrollo de estudios de viabilidad de proyectos o suministro de biocombustibles.

III.9.2 Empleo

El mayor yacimiento de empleo (según el Estudio TERES II y el Estudio ALTENER) se localiza en el aprovechamiento energético de la biomasa y la producción de biocombustibles. En el estudio ALTENER se concluye que más de la mitad de los empleos que se crearían en el periodo 1995-2020 como

consecuencia del incremento de la utilización de fuentes de energía renovables se localizaría en el sector agrícola. Así se estiman (según estudio del IDEA) que para cumplir con el Plan de Energías Renovables 2000-2010 se crearían unos 200.000 nuevos empleos, de los que el 65% se corresponden a la producción de biocombustibles.

La existencia de un tejido industrial más fuerte y consolidado permite la creación de empleo directo e indirecto, con un buen ritmo de creación de nuevas empresas. En estos momentos el sector de mayor crecimiento es el **eólico**, con fabricantes españoles exportando sus productos a terceros países. Este crecimiento y desarrollo asociado a la innovación tecnológica han permitido la creación de entorno a 95.000 (24.000 directos y 71.000 indirectos – datos del año 2003 –) puestos de trabajo, asociados al diseño, fabricación y montaje de las instalaciones. Respecto al mantenimiento de los parques se estima que en el año 2003 existían unos 1.400 empleos permanentes.

En el sector **minihidráulico**, existen en torno a 150 empresas con una capacidad tecnológica suficiente para atender a la demanda. Se estiman del orden de 2.600 nuevos empleos en las etapas de diseño y construcción y 56 en las actividades de operación y mantenimiento.

En el sector de la energía **solar fotovoltaica** el número de empresas se sitúa alrededor de 385, la mayoría de ellas dedicada a la instalación de equipos. Los fabricantes de equipos fotovoltaicos españoles se encuentran muy bien situados a nivel internacional, con un elevado grado de innovación tecnológica y con nuevos productos. El empleo en este sector alcanza los 3.600, de los cuales 2.440 son empleos directos. No obstante casi todos los empleos son debidos a etapas de diseño y construcción de las instalaciones siendo muy bajo el número de empleos en la explotación de las mismas.

En el área **solar térmica**, el volumen total de empleo asociado a fabricantes de paneles e instalaciones se estima cercano a los 2.900, a los que habría que añadir 290 asociados a las actividades de operación y mantenimiento de las instalaciones.

En el sector de la **biomasa** existe un número importante de empresas que se dedican al aprovechamiento energético, a la fabricación de equipos para el tratamiento de la biomasa o de equipos de calefacción doméstica. Estas empresas compaginan este sector con otros, siendo el tema de la biomasa como secundario para las mismas. En el año 2006 los nuevos empleos creados al diseño y construcción de plantas e instalaciones de aprovechamiento térmico y eléctrico de la biomasa se estiman cerca de 48.000, a los que habría que sumar del orden de 12.000 asociados a la explotación de plantas.

Un resumen de las estimaciones realizadas por el IDAE sobre el número de nuevos empleos creados en las áreas anteriores lo podemos ver en Tabla 34.

Tabla 34. Creación de Empleo en el Sector de las Energías Renovables (Fuentes IDAE, Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010, PER 2005-2010 y estimaciones del Plan de Fomento hasta 2006)

| | Diseño y Construcción | | | Operación y Mantenimiento |
|--------------------------|-----------------------|----------------|--------|---------------------------|
| | Directos | Indirectos | TOTAL | |
| Eólica | 23.790 | 71.370 | 95.160 | 1.464 |
| Minihidráulica | 1.041 | 1.562 | 2.603 | 56 |
| Solar Térmica | 2.895 | | 2.895 | 289 |
| Solar FV | 2.366 | 0 | 2.366 | 6 |
| Biomasa Eléctrica | 16.060 | | 16.060 | 8.994 |
| Biomasa Térmica | 31.590 | | 31.590 | 3.159 |
| Biocarburentes | 5.670 | | 5.670 | 9.435 |
| Biogás | 639 | | 639 | 50 |
| TOTAL | | 159.983 | | 23.453 |

Una cosa importante a tener en cuenta es que la creación de empleo asociada a las energías renovables se localiza, en buena medida, en zonas rurales y dispersas, que es donde se localiza el recurso. El beneficio socioeconómico asociado a la creación de un número determinado de empleos se incrementa, por lo tanto, como resultado de estos empleos concentrados en zonas con unos índices de desempleo más elevados, y contribuyendo a estimular el desarrollo económico de zonas rurales que podrían ser abandonadas (como resultado del abandono de las explotaciones agrícolas). Podríamos decir que las energías renovables contribuyen al **desarrollo rural** y a la **fijación de población** en el territorio, lo que es fundamental para asegurar la sostenibilidad del modelo de desarrollo.

Las renovables agrupan en España a un millar de empresas, los contratos son los más estables de nuestra economía y los trabajadores tienen casi todos titulación superior o de grado medio. Son algunos de los datos más relevantes del estudio que acaba de dar a conocer el Centro de Referencia de ISTAS de Energías Renovables.

Con casi trescientos habitantes por kilómetro cuadrado, el País Vasco, que padece una dependencia energética del 95%, lleva 25 años apostando por el gas natural y la eficiencia. Y, por lo visto, parece que está haciendo esos deberes: en los últimos seis años ha duplicado el peso (más CO₂) de aquel combustible fósil en su mix energético.

En cuestión de energía eólica se acabó lo de asociarla a una barca de madera o un pequeño huerto. Durante 2007, dos acontecimientos clave le dieron mayor realce: la creación de una división propia dentro de la Asociación de Productores de Energías Renovables y un proyecto liderado por un ministerio – Educación y Ciencia– y un centro tecnológico especializado en desarrollo de producto, Robotiker.

Cinco meses de trabajo, 720 megavatios fotovoltaicos, sin una sola huerta solar, sólo aprovechando las azoteas. Lanzarote ha abierto una página en la red –lanzarote.grafcan.com– que, recorre todas las cubiertas de la isla y le dice a cada propietario si la suya es apta o no para instalar placas fotovoltaicas. Como resultado la isla podría triplicar de largo la potencia que tiene hoy (220 MW) instalada.

La entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, que obliga a los constructores a instalar en toda vivienda nueva colectores solares para producir agua caliente, ha disparado la solar térmica en España. Pues bien, una sociedad mixta hispano-china, Wolss Sunrain, ha empezado ya a firmar acuerdos con promotores inmobiliarios y administraciones públicas para que colocar solar térmica sea más sencillo y más barato.

III.9.3 Costos

La estimación de los costos de inversión en cualquier sistema de conversión de biomasa depende de tres factores fundamentales:

- **Volumen y tipo de biomasa:** el volumen determina el factor de escala del sistema y los procesos auxiliares; mientras que el tipo y las características de la biomasa determinan los tratamientos previo y posterior requeridos.
- **Proceso de conversión:** éstos se establecen con base en el volumen y las características de la biomasa: de la tecnología seleccionada depende el grado de complejidad del sistema.
- **Aplicación de la energía:** el uso final de la energía obtenida influye fuertemente en el costo total de la instalación. En los casos en que el objetivo es la generación de calor, el equipo auxiliar requerido se limita a los quemadores adecuados. Cuando el uso final es la generación de electricidad, la complejidad y el número de equipos incrementa el costo de inversión.

Dado que la biomasa se presenta en un amplio rango de volúmenes y características, no es posible establecer costos de inversión exactos. Dependiendo del proceso de conversión, los costos pueden ir desde unos cientos de euros (aproximadamente unos 1.200 € para una caldera de aire de pellets), hasta aproximadamente 1.400 € por kW de potencia eléctrica instalada.

No obstante, en sistemas de pequeña y mediana escala, se puede obtener un período simple de retorno inferior a cinco años, lo que hace atractivo el uso de biomasa como sustituto de combustibles fósiles en procesos agroindustriales como el secado de granos.

También debe considerarse que, en algunos procesos de tratamiento de biomasa como en los rellenos sanitarios y en el tratamiento de aguas de beneficiado de café, por la elevada producción de residuos, la reducción la contaminación cobra mayor importancia que la rentabilidad económica de la

conversión energética. En otras palabras, estos procesos no tienen como objetivo la conversión energética, sino el tratamiento de los desechos; la energía obtenida del proceso es un subproducto aprovechable.

III.10 Aspectos técnicos de la energía de biomasa

Las características de un combustible quedan definidas mediante diversos tipos de análisis, principalmente análisis elemental e inmediato.

En el caso de la biomasa, su análisis elemental indica que su contenido en Carbono está en torno al 50%, Hidrógeno 5,5%, Nitrógeno menor a 1% y Oxígeno 40%, siendo despreciable la concentración en Azufre.

Respecto al análisis inmediato (porcentajes en peso) se puede decir:

Cenizas

Comprende los residuos sólidos no quemados resultantes de la combustión completa del combustible. Producen escorias y depósitos en los refractarios y disminuyen el poder calorífico del combustible, pues además de no aportar calor absorben calor sensible en el hogar. En la biomasa estos contenidos son superiores a los de otros combustibles, pudiendo alcanzar porcentajes superiores al 5%, aunque los valores más comunes varían entre 2 y 5%.

Tabla 35. Biocombustibles. Características de las Cenizas (base seca) (Fuente: IER)

| Tipo | Orujillo | Algodón | Corteza pino | Corteza roble | Corteza picea | Corteza secoya |
|--------------------------------|----------|---------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| SiO ₂ | 23.09 | 25.21 | 39.0 | 11.10 | 32.00 | 14.30 |
| Al ₂ O ₃ | 4.22 | 6.59 | 14.0 | 0.10 | 11.00 | 4.00 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.84 | 2.98 | 3.0 | 3.30 | 6.40 | 3.50 |
| TiO ₂ | | <0.50 | 0.2 | 0.10 | 0.80 | 0.30 |
| CaO | 19.01 | 27.45 | 25.5 | 64.50 | 25.30 | 6.00 |
| MgO | 5.38 | 8.44 | 6.5 | 1.20 | 4.10 | 6.60 |
| Na ₂ O | 0.46 | 3.09 | 1.3 | 8.90 | 8.00 | 18.00 |
| K ₂ O | 35.95 | 18.42 | 6.0 | 0.20 | 2.40 | 10.60 |
| P ₂ O ₅ | 4.33 | 2.61 | | | | |
| SO ₃ | <0.15 | 2.36 | 0.30 | 2.00 | 2.10 | 7.40 |
| Cl | | | Traza | Traza | Traza | 18.40 |
| T ^a Fusn | 1.050 | | 1.249 | 1.499 | | |

Materias Volátiles

Son combinaciones de C, H, y otros gases, que determinan la forma y longitud de la llama. La biomasa, en general, tiene un contenido en volátiles muy alto (>65%) que favorece su combustión.

Carbono Fijo

Es la fracción residual del carbono combinado químicamente, y que se calcula como sigue:

$$C_{fijo} \% = 100 - \text{Humedad} - \text{Volátiles} - \text{Cenizas}$$

Composición química

En la actualidad no existe una normativa establecida para la medición de los diversos parámetros para combustibles biomásicos. No obstante, un grupo europeo se encuentra trabajando en la estandarización de biocombustibles que concluirá sus trabajos, entre otros aspectos, con la definición de estos procedimientos de medidas. Por esta razón se utilizan diferentes normativas, según los laboratorios, habiendo desarrollado muchos de ellos procedimientos de análisis propios. En la siguiente tabla se muestran normas analíticas aplicables:

| Parámetro | Norma |
|---|---|
| Poder Calorífico Superior | UNE 32 - 006 |
| Poder Calorífico Inferior | UNE 32 - 006 |
| Carbono | ASTM D5373 |
| Hidrógeno | ASTM D5373 |
| Nitrógeno | ASTM D5373 |
| Azufre | ASTM D4239 |
| Oxígeno | O% = 100-C-H-N-S-Cenizas |
| Humedad | UNE 32 - 001 |
| Volátiles | UNE 32 - 019 |
| Carbono fijo | C _{fijo} % = 100- Humedad- Volátiles - Cenizas |
| Cenizas | ASTM D3174 |
| Cenizas. Preparación Muestra | ASTM D3682 |
| Cenizas. Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti y Mn | ASTM D3682 |
| Cenizas. Sulfato | UNE 83432 |
| Cenizas. P ₂ O ₅ | ASTM D3682 |

Todas las formas de biomasa consisten en una parte orgánica, una inorgánica y agua. En la combustión se quema la parte orgánica. La inorgánica influye en el proceso de combustión y forma la ceniza o residuo sólido que queda después de la combustión.

Los elementos químicos más importantes son carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N), y azufre (S) y, en algunos casos, cloro (Cl). Además, contiene oxígeno (O), lo cual no se determina directamente, sino que se calcula como diferencia entre el peso total y la suma de los otros elementos, más la ceniza. La Tabla 36 muestra la composición para varios tipos de biomasa. Se incluye el carbón mineral como punto de comparación.

Tabla 36. Composición química de diferentes formas de biomasa (Fuente: RWEDP - 2002)

| Tipo de biomasa | Porcentaje del peso (sin humedad) | | | | | | | PCS kcal/kg |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------|
| | C | H | N | O | S | Cl | Ceniza | |
| Madera | | | | | | | | |
| Sauce | 47.66 | 5.20 | 0.30 | 44.70 | 0.03 | 0.01 | 1.45 | |
| Madera suave | 52.10 | 6.10 | 0.20 | 39.90 | | | 1.70 | |
| Corteza madera dura | 50.35 | 5.83 | 0.11 | 39.62 | 0.07 | 0.03 | 3.99 | |
| Madera dura | 50.48 | 6.04 | 0.17 | 42.43 | 0.08 | 0.02 | 0.78 | |
| Eucalipto | 50.43 | 6.01 | 0.17 | 41.53 | 0.08 | 0.02 | 1.76 | |
| Roble | 49.89 | 5.98 | 0.21 | 42.57 | 0.05 | 0.01 | 1.29 | 4.654 |
| Corteza de pino | 52.30 | 5.80 | 0.29 | 38.76 | 0.03 | 0.01 | 2.90 | 5.021 |
| Aserrín de pino | 52.49 | 6.24 | 0.15 | 40.45 | 0.03 | 0.04 | 0.60 | |
| Astilla olivo (base seca) | 49.52 | 5.90 | 0.39 | 12.45 | <0.05 | | 1.74 | 4.610 |
| Sub productos agrícolas | | | | | | | | |
| Brizna de trigo | 39.07 | 4.77 | 0.58 | 50.17 | 0.08 | 0.37 | 4.96 | |
| Caña de azúcar | 44.80 | 5.35 | 0.38 | 39.55 | 0.01 | 0.12 | 9.79 | |
| Bagazo de caña | 46.95 | 5.47 | 0.38 | 39.55 | 0.01 | 0.12 | 9.79 | 2.224 |
| Paja de arroz | 39.65 | 4.88 | 0.92 | 35.77 | 0.12 | 0.50 | 18.16 | |
| Cascarilla de arroz | 38.68 | 5.14 | 0.41 | 37.45 | 0.05 | 0.12 | 18.15 | |
| Algodón (base seca) | 47.03 | 5.42 | 1.04 | 41.01 | 0.13 | | 5.37 | 4.297 |
| Paja de maíz | 46.91 | 5.47 | 0.56 | 42.78 | 0.04 | 0.25 | 3.99 | |
| Orujillo (base seca) | 50.54 | 5.86 | 0.97 | 37.98 | 0.07 | | 4.58 | 4.819 |
| Olote de maíz | 47.79 | 5.64 | 0.44 | 44.71 | 0.01 | 0.21 | 1.20 | |
| Fibra de coco | 50.29 | 5.05 | 0.45 | 39.63 | 39.63 | 0.28 | 4.14 | |
| Carbón mineral | 71.70 | 4.70 | 1.30 | 8.30 | 0.64 | 0.06 | 20.70 | 7.000 |

Valor calorífico

Todas las formas de biomasa tienen un valor calorífico, el cual se expresa como la cantidad de energía por unidad física; por ejemplo, joule por kilogramo. Esta es la energía que se libera en forma de calor cuando la biomasa se quema completamente.

El valor calorífico se puede anotar de dos formas diferentes: bruto y neto. El bruto se define como la cantidad total de energía que se liberaría vía combustión, dividido por el peso. El neto es la cantidad de energía disponible después de la evaporación del agua en la biomasa; es decir, es la cantidad de energía realmente aprovechable, y siempre es menor que el valor calorífico bruto.

Para madera completamente seca, la cantidad de energía por unidad de peso es más o menos igual para todas las especies, con un promedio de valor

calorífico bruto de 20 MJ/kg para madera de tronco. Los valores pueden variar ligeramente de este promedio, según el contenido de ceniza: para ramas pequeñas, tienden a ser más bajos y más variables. Sin embargo, en la práctica, la humedad relativa es el factor más importante que determina el valor calorífico.

Tabla 37. Poder calorífico de algunas formas de biomasa (Fuente: RWEDP - 2002)

| Tipo de Biomasa | Valor calorífico bruto (MJ/kg) |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Madera | |
| Astilla de madera | 20.89 |
| Corteza de pino | 20.95 |
| Desecho industriales de madera | 19.00 |
| Aserrín | 19.34 |
| Sub productos agrícolas | |
| Paja de trigo | 18.94 |
| Caña | 18.06 |
| Bagazo | 18.09 |
| Cáscara de coco | 18.60 |
| Olote de maíz | 17.72 |
| Paja de arroz | 15.61 |
| Cascarilla de arroz | 15.58 |

Se distinguen dos tipos de poderes caloríficos, según el estado de los productos:

Poder Calorífico Superior (P.C.S.).- Cuando el agua formada en la combustión está condensada; por tanto incluye el calor latente.

Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).- Cuando el agua formada en la combustión está en forma de vapor condensado; por tanto no incluye el calor latente.

El PCI de un combustible sólido o líquido se determina a partir del PCS, detrayéndole el calor latente del agua formada, mediante fórmulas empíricas. Por ejemplo, para el carbón se tiene:

$$PCI \text{ (kcal/kg)} = PCS - 5,85 (9 \cdot \%H + \%W)$$

donde

% H es el porcentaje en peso de Hidrógeno en el combustible

% W es el porcentaje en peso de Humedad superficial

La mejor forma de calcular el poder calorífico es mediante ensayo en bombas calorimétricas, aunque existen fórmulas empíricas que permiten obtener resultados aproximados:

Fórmula de Dulong y Petit citada por Kollmann:

$$PCI_0 = 8.100 \cdot C + 34.000 \cdot (H - O/8) + 2.500 \cdot S$$

Fórmula de Elvira y Marcos para biocombustibles sólidos de origen ligno-celulósico en kcal/kg:

$$PCI_h = PCS_0 \cdot (1/(1 + h)) - 665 ((0.54 + h)/(1+h))$$

Donde:

h % humedad en base seca

Puede observarse (Tabla 37) cómo la biomasa contiene un poder calorífico un 50% menor que el resto de los combustibles, salvo el carbón. Por otro lado, el contenido en carbono también es más reducido, pero sin embargo el contenido en volátiles es muy importante.

Contenido de humedad

El contenido de humedad, o humedad relativa, se define como la cantidad de agua presente en la biomasa, expresada como un porcentaje del peso. Para combustibles de biomasa, este es el factor más crítico, pues determina la energía que se puede obtener por medio de la combustión. Cuando se quema la biomasa, primero se necesita evaporar el agua antes de que el calor esté disponible; por eso, cuanto más alto el contenido de humedad, menos el valor calorífico.

Todos los combustibles contienen una cantidad de agua, pero, para la biomasa, los niveles pueden ser altos; esto afecta el valor calorífico y el

proceso de combustión. El contenido de humedad puede variar dependiendo del tipo de biomasa, el tiempo entre su cosecha y su uso y la humedad atmosférica. Después de haberla cosechado, paulatinamente ésta perderá la humedad hasta que se establezca un equilibrio con el ambiente.

El valor de la humedad se puede indicar según sea en base seca o en base húmeda: en base seca se define como la fracción del peso del agua dentro de la biomasa y el peso del material seco, expresado como porcentaje.

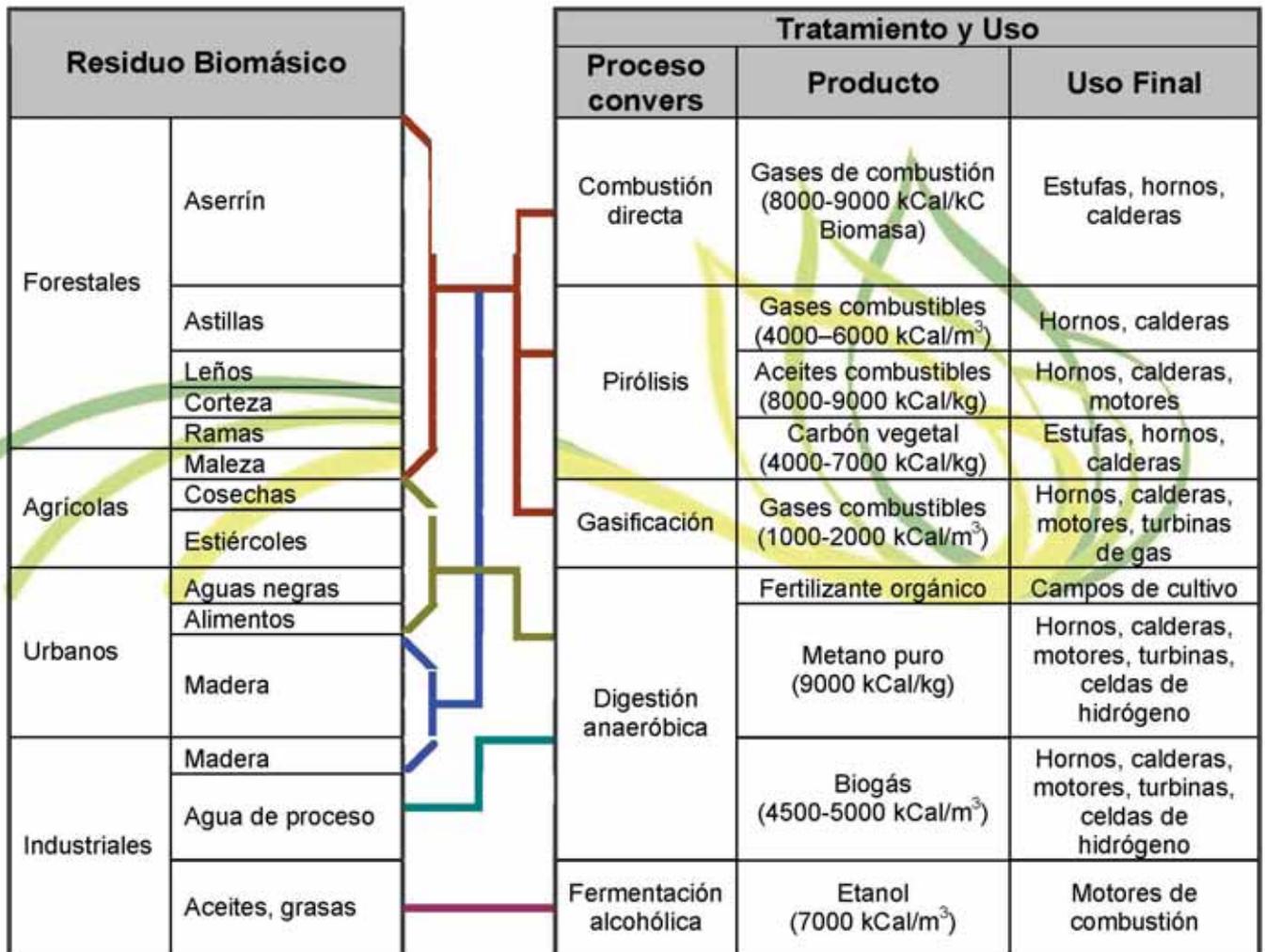
El contenido de humedad en base húmeda es la fracción del peso del agua dentro de la biomasa y el peso total del material.

El valor en base húmeda siempre es más bajo que en base seca, por lo que es muy importante indicar el método aplicado.

El agua contenida en el combustible, puede ser de dos clases: humedad libre superficial, de fácil eliminación mediante secado al aire hasta 110 °C de temperatura, y humedad retenida en los poros de la biomasa, (ya sea de constitución, combinada o higroscópica), que precisa temperaturas más elevadas para ser eliminada, y que puede conllevar degradación de la materia orgánica. La humedad superficial en la biomasa es elevada, existiendo combustibles en torno al 8% de humedad y otros en los que se supera el 50%, dependiendo mucho de la procedencia, tiempo de recogida y tratamientos posteriores.

Transformación de la biomasa en energía

| Residuo Biomásico | | Pretratamiento | | | |
|-------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-------|---------------|
| | | Secado | Recolección Clasificación | Corte | Densificación |
| Forestales | Aserrín | + | | | Aplicable |
| | Astillas | + | | | |
| | Leños | + | + | | |
| | Corteza | + | + | + | |
| | Ramas | + | + | + | |
| Agrícolas | Maleza | + | + | | |
| | Cosechas | | | | Aplicable |
| | Estiércoles | | + | | |
| Urbanos | Aguas negras | | + | | |
| | Alimentos | + | + | | |
| | Madera | | + | + | |
| Industriales | Madera | + | | | |
| | Agua de proceso | | | | |
| | Aceites, grasas | + | | + | |



Pureza del combustible

Otra cuestión importante a tener en cuenta en los biocombustibles es la pureza de éstos, posible grado de contaminación (presencia de tierras, lixiviados, etc.), además del estado de putrefacción ó la presencia de agentes patógenos.

Densidad

La biomasa se caracteriza, en general, por tener una densidad reducida, salvo para los biocombustibles densificados. Este aspecto repercute desfavorablemente en el transporte y almacenamiento del combustible, además del diseño de los equipos de conversión energética.

Tuberías

Las tuberías preaisladas en fábrica están compuestas por la tubería de acero, el aislamiento de espuma de poliuretano inyectado en continuo con cableado de alarma de cobre integrado y una cubierta exterior de polietileno de alta densidad.

Debe existir una resistencia a esfuerzos cortantes entre la tubería de acero y la cubierta exterior de 0,12 N/mm como mínimo en dirección axial y de 0,2 N/mm en dirección tangencial.

Todos los componentes del sistema de tuberías deben cumplir los requisitos técnicos de las siguientes normas:

- EN 253. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas.
- EN 448. Accesorios preaislados para redes de agua caliente enterradas.
- EN 488. Válvulas de acero preaisladas para redes de agua caliente enterradas.
- EN 489. Ensamblaje de juntas para tuberías de calefacción urbana preaisladas.

Las tuberías deberán ser de acero calidad St. 37.0BW según DIN 1626 o equivalente y sus dimensiones serán conformes a ISO/DIN 2458.

El aislamiento de espuma deberá cumplir con los requisitos de la EN 253 (última versión) y deberán fabricarse con ciclopentano como agente esponjante (No está permitido el freón).

La cubierta exterior debe cumplir los requisitos técnicos de la EN 253 más reciente y estar fabricada en polietileno de alta densidad.

III.11 Escenarios. Previsiones de mercado

Biomasa para producir calor

El sector que consume más biomasa es sin lugar a dudas la calefacción. El procedimiento empleado es sencillo y poco costoso desde el punto de vista tecnológico. Paradójicamente, sin embargo, es en este sector en el que crece con mayor lentitud la proporción correspondiente a la biomasa.

Para corregir esta situación, la Comisión contempla varias medidas:

- adoptar nuevas normas que regulen específicamente la utilización de las fuentes de energía renovables para la calefacción;
- modificar la Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios ;
- realizar un estudio sobre la mejora del rendimiento de las calderas domésticas alimentadas con biomasa y sobre la reducción de la contaminación.

Parece, por otra parte, que la calefacción urbana * (colectiva) se presta más que la individual a la utilización de combustibles renovables. Se trata, pues, de favorecer su utilización haciéndola más competitiva, rentable y cómoda.

Biomasa para producir electricidad

Como destaca la Comisión en esta Comunicación, las energías renovables ofrecen no pocas posibilidades en materia de producción de electricidad. Para que la biomasa se desarrolle en este sector de la mejor forma posible, parece que la atención debe centrarse en la aplicación de la Directiva relativa a la

promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables .

Biocarburantes para el transporte

Al igual que el de la producción de electricidad, el sector del transporte está cubierto por la normativa comunitaria. Se trata de la Directiva relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte .

En cumplimiento de sus disposiciones, la Comisión proyecta presentar en el 2006 un informe sobre la aplicación de esa Directiva con vistas a su posible revisión. Dicho informe abordará las cuestiones siguientes:

- la fijación de objetivos nacionales para el aumento de la cuota de mercado de los biocarburantes;
- la imposición de requisitos para este producto;
- el establecimiento de un sistema de certificados de conformidad con las normas vigentes para el producto.

Por lo que se refiere al **mercado de vehículos**, la Comisión presentará próximamente una propuesta normativa para impulsar la adquisición pública de «vehículos limpios». Además, la futura estrategia para la industria del automóvil, que debe iniciarse en el 2006, contempla diversas medidas relacionadas con:

- la utilización de biocarburantes;
- la creación de incentivos fiscales;
- la información a los consumidores;
- la reducción de los atascos.

En cuanto al **equilibrio entre producción interior e importación de biocarburantes**, el plan que defiende la Comisión en su Comunicación es el siguiente:

- proponer la revisión de la norma EN14214 para permitir, en la medida de lo posible y sin afectar a los rendimientos del carburante, el uso de una gama más extensa de aceites vegetales en la producción de biodiésel ;
- estudiar la modificación de la Directiva de los «Biocarburantes» para que, de estos productos, sólo se tengan en cuenta los producidos a base de plantas que respeten unas normas mínimas de viabilidad ecológica;
- mantener unas condiciones de acceso al mercado que se ajusten a los acuerdos comerciales vigentes para el bioetanol de importación;
- adoptar una estrategia equilibrada en las negociaciones destinadas a la celebración de acuerdos de libre comercio con los países o regiones productores de etanol;
- prestar apoyo a los países en desarrollo que deseen producir biocarburantes y desarrollar su mercado nacional.

En lo que respecta a las **normas**, la Comisión está revisando actualmente la Directiva sobre la «Calidad de los carburantes» con relación a dos cuestiones:

- los efectos en la salud y en el medio ambiente;
- la incidencia en la realización de los objetivos fijados por la Directiva de los «Biocarburantes» y en el coste de esa realización.

La Comisión estudia, además, la supresión de los **obstáculos técnicos** injustificados o discriminatorios que existen en el campo de los biocarburantes.

Por último, dado que Europa está más dotada para producir bioetanol que biodiésel, la Comisión fomentará la **utilización de etanol** (en sustitución del metanol *) para reducir la demanda de gasóleo.

Incentivación de la oferta de biomasa

En el **sector agrario**, la reforma de la política agrícola común (PAC) ha introducido una «ayuda especial para los cultivos energéticos». En 2006, la Comisión evaluará la aplicación de esa ayuda y hará, en su caso, las propuestas que sean oportunas a la vista de los objetivos de la Unión en materia de biocarburantes. Asimismo, financiará una campaña de información sobre las prioridades de los cultivos energéticos y sus salidas al mercado.

En el ámbito de la **silvicultura**, las cifras indican que alrededor del 35% del crecimiento anual de los bosques de la UE se mantiene sin explotar. La Comisión está preparando actualmente un plan de acción en esta materia, que deberá ser adoptado en el 2006 y que abordará el tema de la utilización del bosque para fines energéticos. La Comisión, además, examinará el impacto en las industrias forestales del uso energético de la madera y de los residuos de madera.

Los **residuos** constituyen, asimismo, una fuente de energía subexplotada. Es por ello por lo que la Comisión está elaborando en la actualidad una estrategia temática sobre la prevención y el reciclaje de residuos. También está en preparación una propuesta de revisión de la normativa marco en materia de residuos.

Cada vez es más frecuente, por otra parte, que los **subproductos animales** no destinados al consumo humano se recuperen para fines energéticos. La Comisión tiene así el propósito de revisar el marco normativo que regula los procedimientos de producción en este campo, a fin de que puedan explotarse estas nuevas fuentes de energía sin afectar al nivel actual de protección de la salud pública y de la de los animales.

La Comisión presta igualmente una atención especial a la adopción de normas europeas para los **combustibles sólidos** derivados de la biomasa. Con ello pretende facilitar los intercambios, desarrollar los mercados y aumentar la confianza de los consumidores. El Comité Europeo de Normalización (EN) está trabajando hoy en la elaboración de esas normas.

Por lo que se refiere al **abastecimiento**, se ha puesto en marcha con el apoyo del programa comunitario «Energía inteligente - Europa» (2003-2006) una «Bolsa» europea de pellets y menudos de madera. La Comisión estudiará la forma de mejorar los resultados con vistas al posible establecimiento de un sistema comunitario de intercambios.

Por último, la Comisión impulsa, a nivel tanto nacional como regional, la elaboración de **planes de acción** que permitan evaluar mejor los diferentes

aspectos que intervienen en el tema de la biomasa (disponibilidad física y económica, prioridades de utilización, medidas por adoptar, etc.).

Financiación de la biomasa

El apoyo al desarrollo de las fuentes de energía renovables y alternativas forma parte integrante de los objetivos fijados por los **Fondos Estructurales y de Cohesión**. Corresponde, pues, a la UE y a sus Estados miembros favorecer ese desarrollo a través de la política regional.

La Comisión, por lo demás, recuerda en su Comunicación que el apoyo prestado a la producción y a la utilización de la biomasa debe respetar la política comunitaria en materia de **ayudas estatales**.

Biomasa e investigación

El Séptimo Programa Marco de investigación que ha propuesto la Comisión reserva un lugar destacado a la **investigación** sobre la **biomasa**.

La Comisión va a estudiar la forma de impulsar más la investigación en dos frentes: la optimización de las plantas agrícolas y leñosas cultivadas para fines energéticos y los procedimientos de conversión.

Por último, sirviéndose del programa «Energía inteligente - Europa» (2007-2013), la Comisión prestará su apoyo a la difusión de técnicas que respondan a los objetivos europeos en materia de energías renovables.

Contexto

El plan de acción sobre la biomasa se enmarca en la nueva política energética de la UE, descrita con detalle en el Libro verde sobre la energía (marzo de 2006). La mayor parte de las recomendaciones contenidas en ese documento fueron aceptadas por los Jefes de Estado o de Gobierno de la UE con motivo del Consejo Europeo de primavera celebrado los días 23 y 24 de marzo de 2006. Así pues, el desarrollo de una energía segura, competitiva y sostenible es una de las prioridades que se ha fijado la Unión en el proceso de reactivación de la estrategia de Lisboa .

III.11.1 Estudio de mercado

El sector de la energía es uno de los más importantes en la sociedad actual, siendo uno de los sectores estratégicos en la política que desarrolla cualquier país. Los retos que plantea el abastecimiento y el consumo energético son de ingente magnitud, con un alcance cada vez más global, haciéndose necesaria la cooperación en materia energética entre empresas y organismos de diferentes países.

En relación con la producción y el consumo de energía, la biomasa es uno de los recursos que tiene que cobrar cada vez más protagonismo en diferentes aspectos como:

- La reducción de emisión de CO₂.
- La conservación del entorno rural.
- La dependencia energética actual de los combustibles fósiles.

En España se crea Bioplat que tiene como objetivo fundamental identificar y desarrollar las estrategias viables para la promoción y el desarrollo comercial sostenible de la biomasa en España, asumiendo la secretaría técnica la asociación de productores de energías renovables, para el diseño de estrategias tecnológicas nacionales para establecer las directrices científicas, tecnológicas e industriales que impulsen el desarrollo sostenible de la biomasa como recurso energético, de acuerdo con los objetivos nacionales y de la UE y en particular con los planteados en el Plan de Energías Renovables (2005-2010).

Por estas razones los diferentes mercados de la biomasa avanzarán así:

Biocombustibles

En EE.UU. se ha aprobado una nueva ley que ha entrado en vigor este año 2008, donde se fija para el 2022 una meta de producción interna de 35 mil millones de galones anuales (poco más de 2,35 millones de barriles petroleros diarios) o sea la cuarta parte (25%) del consumo actual de gasolina y cinco veces la actual producción de etanol de maíz. afectará gradualmente a todos

los países que le suministran petróleo o combustibles a EE.UU. al reducir sensiblemente las importaciones.

En la UE en la directiva que se aprobará en breve, como anteriormente detallamos, realiza una propuesta para sustituir con biocombustibles el 8% de su consumo de gasolina y diesel para el 2.015, con una serie de condicionantes medioambientales respecto al cálculo de emisiones de CO₂ producido en el todo el ciclo de vida de la obtención de estos biocarburantes.

Brasil, que produce unos 370.000 barriles diarios de etanol, lanza una campaña mundial para expandir su exportación de ese rubro, apoyándose en su dominio tecnológico en ese campo y su abundante disposición de terrenos para cultivos, de la misma manera, Argentina y Colombia.

Este aumento gradual de la producción y uso de biocombustibles, implicará la pérdida de extensas zonas selváticas deforestadas o de sabanas acondicionadas, y que se utilizarían para proveer nuevos terrenos de cultivos, produciéndose una pérdida neta de vegetación que ya no podrían absorber de la atmósfera el CO₂ generado por distintas fuentes, mayormente por la quema de carbón y petróleo. Al usar terrenos cultivables para producir maíz, este rubro tiene que cultivarse en otros terrenos, reduciendo así las áreas verdes que podrían absorber CO₂, de otro modo se estará afectando la provisión de alimentos.

Sin embargo el balance energético y ecológico para el etanol producido de la caña de azúcar es ligeramente favorable, lo que indica que para las regiones tropicales, el etanol que se puede producir de la caña queda a salvo de esta calificación negativa, al menos por ahora. En otras palabras, los países de zonas tropicales como las de África y Latinoamérica / Caribe, que permiten un cultivo apropiado de la caña, podrían dedicarse a la producción de azúcar para convertirlo en etanol, pero siempre que su consumo de azúcar, sus necesidades económicas por la venta de ese rubro— sea satisfecho, de otro modo tendría se obligará a deforestar o acondicionar terrenos con bosques o sabanas, con lo que la reducción natural de CO₂ por fotosíntesis se vería comprometido.

Biogas

Los eurodiputados han aprobado un informe en el que reclaman una legislación específica e incentivos financieros adecuados para impulsar ese tipo de Biocombustible, consideran que debido a las oscilaciones de los precios del petróleo o del gas y a las dudas que están suscitando los beneficios de biocarburos procedentes de cultivos agrícolas que compiten con la producción de alimentos, es conveniente fomentar el desarrollo de un sector "marginal" como el del biogás, puede ser obtenido con restos animales, biomasa vegetal o plantas no destinadas a la alimentación, puede servir para la generación de electricidad, los sistemas de calefacción y de aire acondicionado, así como entrar en la composición del carburante utilizado en el transporte por carretera.

Actualmente, la UE cuenta con 4.242 unidades de biogás instaladas en explotaciones agrícolas, junto con 26 establecimientos especializados, repartidos de forma desigual entre los países de la UE. La producción de biogás está más avanzada en Alemania, Bélgica, Austria y Dinamarca, aunque es desarrollo es limitado, en general, dentro de la UE.

Biomasa Forestal

Se favorecerá el aumento en su obtención en diferentes sectores, ya sea para instalaciones de generación de electricidad con biomasa o para su transformación en pellets para generación de energía calorífica, aumentando:

- La limpieza de montes para la defensa de Incendios Forestales, ya sean públicos o privados que obliga la ley de Montes, la limpieza de pasos de riberas de ríos, carreteras, líneas eléctricas, cortafuegos, etc.. son los que realizan una auténtica extracción de biomasa residual que en la actualidad se está dejando en el monte o en algunos casos hasta transportada a vertedero.
- Silvicultura tradicional y reforestación.

- Los cultivos energéticos constituyen la única fuente de biomasa cuya producción se puede planificar y especializar con criterios exclusivamente energéticos y, por tanto, puede dar una mayor seguridad de suministro en especial la populicultura con corta anual.
- Sectores cuya materia prima sea cualquier producto susceptible de consideración como biomasa tendrán problemas de abastecimiento o subida de precios ya que será un bien con más aplicaciones que las actuales, así se verá afectado la fabricación del tablero aglomerado y el tablero contrachapado.

Biocarburantes de 2ª generación

A diferencia de los de 1ª generación, los biocarburantes de 2ª generación se producen a partir de biomasa lignocelulósica (residuos agrícolas tales como la paja del cereal, residuos forestales o cultivos energéticos de uso integro como el chopo o el cardo).

Con ellos, se reduce sensiblemente la competencia con el sector alimentario y permite duplicar, e incluso, triplicar su rendimiento por hectárea. Pero en este caso se plantea la competencia con las plantas de generación de electricidad que utilizarían este productos directamente en combustión.

III.11.2 Estudio técnico

Valorización energética de la Glicerina

La glicerina tiene una amplia variedad de aplicaciones, tales como emulsionante, agente suavizador, plastificante, agente estabilizador y humectante para pastelería, heladería y tabaquería; en lociones corporales, enjuagues bucales e innumerables preparados farmacéuticos y cosméticos; como medio protector para congelamiento de glóbulos rojos, esperma, córneas y otros tejidos; en tintas de impresión, resinas de pinturas; mezclas anticongelantes; y como materia prima para la nitroglicerina.

Para consumir elevadas cantidades de glicerina la utilización de la glicerina es para la producción de energía calorífica quemándola con quemadores

pulverizadores y en cámara de combustión a 1.000 °C. Es higroscópico (absorbe agua del aire); se derrite a 17.8°C, su punto de ebullición con descomposición es a 290 °C, y es miscible con agua y etanol. La glicerina puede ser quemada, sin embargo su combustión debe ser realizada a temperaturas mayores a su punto de ebullición, de lo contrario puede emitir gases tóxicos (acrolina), los cuales se forman entre los 200 y 300 °C.

Con una caldera de vapor recuperamos esta energía transformándola en elevar la entalpía del vapor de agua que hacemos pasar a través de una turbina acoplada a un alternador y a su vez generamos energía eléctrica. Trabajamos a una contrapresión en turbina de 25 bar y podemos condensar hasta 0,1 bar a 70°C para calentar el aceite de proceso de tranesterificación trabajando en cogeneración.

La generación de energía eléctrica estará condicionado por nuestra capacidad de calor producido en la combustión de la glicerina, las características de la glicerina son:

| T ⁿ | kcl/m3 | Cp J/(kg°k) | V m2/s | k W/(m°K) | Pr |
|----------------|--------|-------------|----------|-----------|--------|
| 273 | 1.273 | 2.200 | 0,0083 | 0,282 | 83.000 |
| 323 | 1.243 | 2.520 | 0,000114 | 0,285 | 1.254 |

| °K | | °C | | kg/m3 | Ce (J/kgK) | kcal/m3 °C | Q (m3/h) | kcal/h |
|------|------|------|-------|-------|------------|------------|----------|--------|
| 313 | 40 | 1,12 | 1.008 | 0,269 | 18.750 | 201.805 | | |
| 1373 | 1100 | 0,25 | 1.202 | 0,073 | 18.750 | 1.503.946 | | |

| °K | | °C | | kg/m3 | Ce (J/kgK) | kcal/m3 °C | m3/h | kcal/h |
|-----|-----|-------|-------|-------|------------|------------|------|--------|
| 343 | 70 | 971,2 | 4.199 | 974 | 4.755 | 324.184 | | |
| 533 | 260 | 788,6 | 4.950 | 932 | 4.755 | 1.152.680 | | |

| Caldera recuperación 20 bar | | Rendimiento | Glicerina | |
|-----------------------------|-------|-------------|-----------|-----------|
| kg/h | 1.250 | | Aire | 1.302.140 |
| m3/kg | 15 | | Vapor | 828.490 |
| kg/h | | | | 3.750 |
| kg/kWh | | | | 4,54 |
| | | | | 826 kWh |

III.11.3 Estudio legal

La Eurocámara adoptó el 12 de marzo de 2008, por 510 votos a favor, 88 en contra y 80 abstenciones, un informe no vinculante en el que respalda gran parte de las reformas propuestas por la Comisión Europea para llevar a cabo el conocido como "chequeo médico" de la PAC.

No obstante, la CE se oponen al recorte de ayudas que reciben los grandes terratenientes. El informe "rechaza toda discriminación en función de la dimensión de la explotación" (párrafo 12). La Comisión propuso reducir las ayudas directas a los agricultores hasta un 13% en 2013 para destinarlas al desarrollo rural (este recorte, conocido como "modulación", es de un 5% en la actualidad). El Parlamento Europeo deja claro que "no puede aceptarse un recorte de los pagos directos de aproximadamente un 8% sin la presentación de una estimación de las repercusiones futuras" (párrafo 72).

Se proponen el siguiente calendario de reorientación de los fondos dedicados a las ayudas agrícolas hacia el desarrollo rural para el periodo 2009-2013: el 1% para los agricultores que reciben entre 10.000 y 100.000 euros, el 2% para las ayudas de entre los 100.000 y los 200.000 euros, el 3% para las situadas entre los 200.000 y los 300.000 euros y el 4% para las de más de 300.000 euros. Las ayudas directas seguirán siendo necesarias después de 2013, no sólo en caso de problemas de mercados, sino también para compensar los servicios que los agricultores prestan a la sociedad, sino para compensar los altos requisitos sanitarios o ambientales que se exigen a los agricultores y ganaderos europeos. Además se exige que se "apoye exclusivamente a los agricultores que ejerzan activamente una actividad agraria" (párrafo 13) y hacen hincapié en que se debe simplificar la administración de la PAC, sin que ello signifique una "renacionalización" de la Política Agraria y un mayor recorte de las ayudas que reciben los agricultores europeos (párrafos 13 y 2).

El texto reconoce que se debe acelerar el proceso de desacoplamiento de ayudas y producción en el sector vegetal (lino, fécula de patata, forrajes...) y orientarlo hacia el régimen de pago único, según la superficie cultivada.

Sin embargo, las ayudas ganaderas no deberían modificarse "por el momento", puesto que el sector atraviesa en la actualidad dificultades derivadas del alza de los precios de los piensos y forrajes.

Retirada de tierras y recursos energéticos

Los diputados respaldan la supresión "inmediata" de la obligación de retirada de tierras de la producción, ya que este sistema "ha perdido su sentido (...) y es además de extrema complejidad administrativa". Por ello, el Parlamento pide la conversión de los derechos de retirada en derechos normales (párrafo 37, enmienda 3). Y solicita que los recursos no utilizados como consecuencia de la supresión de la prima para los recursos energéticos se pongan a disposición específicamente para medidas complementarias para la organización del mercado de la leche, especialmente en las zonas montañosas (párrafo 40).

Intervención sobre los mercados

Los diputados piden que los sistemas de seguros, tanto privados como mixtos, se desarrollen urgentemente con el apoyo de financiación pública. Además, emplazan a la Comisión a que ponga en marcha un régimen de reaseguros contra los desastres medioambientales y climáticos, financiado por el presupuesto de la UE. Siendo favorable a la eliminación de la intervención para los cereales, salvo para el trigo, y a que el actual sistema de intervención se sustituya por una red de seguridad en las situaciones de crisis derivadas, entre otros, del cambio climático.

Retención de las ayudas por parte de los Estados miembros

Según la Eurocámara, el actual mecanismo que permite a los Estados retener hasta un 10% de las ayudas directas a sus agricultores debería revisarse para garantizar que estos fondos dan prioridad a los cultivos en las zonas montañosas, con escasez de agua, húmedas o desfavorecidas; así como a la reestructuración de los sectores clave (cultivos, bovino, producción lechera y ovino) y a las ayudas medioambientales a la superficie (agricultura biológica).

En una enmienda aprobada por el pleno (número 10), los diputados aseguran que este instrumento no debe conducir a una renacionalización de la PAC.

Así, esta nueva reforma elimina la posibilidad a los agricultores de los dos sistemas que favorecían los cultivos energéticos:

- Una prima consistente en una ayuda al agricultor de 45 €/ha y año a las superficies que se siembren con cultivos energéticos, aplicable en una superficie máxima garantizada de 1.500.000 hectáreas en el conjunto de la UE y se utilicen en la producción de biocombustibles (que cuando se rebasaba, como así ocurrió el pasado año en otoño, se rebajaba a 30 €/ha y año. España, en octubre, ya había superado su superficie asignada, 182.070 ha, en más de mil hectáreas).
- Y el régimen de retirada de tierras de la producción, ahora sustituido por el "chequeo médico"

III.12 Ventajas e inconvenientes del uso de la biomasa

III.12.1 Ventajas

El empleo energético de la biomasa presenta numerosas ventajas, no sólo para el propietario de la instalación de aprovechamiento, también para el conjunto de la sociedad.

En el primero de los casos, las ventajas mencionadas son fundamentalmente económicas ya que se disminuye la factura energética al reducir la cantidad de combustibles que se debe adquirir del exterior.

En el segundo de los casos, el uso de la biomasa presenta, al igual que ocurre con otras energías renovables, numerosas ventajas ambientales y socioeconómicas.

Las ventajas ambientales de las energías renovables frente a las energías procedentes de fuentes fósiles son:

- Un mayor empleo de fuentes renovables reduce la contribución del sistema energético al efecto invernadero y minimiza, en general, las externalidades en los procesos de generación de energía eléctrica, que incluyen costes no imputados al precio del kilovatio hora. La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye a acelerar el calentamiento global; de hecho, permite reducir los niveles de dióxido de carbono y los residuos de los procesos de conversión, aumentando los contenidos de carbono de la biosfera.
- La captura del metano de los desechos agrícolas y los vertederos, y la sustitución de derivados del petróleo, ayudan a mitigar el efecto invernadero y la contaminación de los acuíferos.
- Los combustibles biomásicos contienen niveles insignificantes de sulfuro y no contribuyen a las emanaciones que provocan "lluvia ácida".
- La combustión de biomasa produce menos ceniza que la de carbón mineral y puede usarse como insumo orgánico en los suelos.
- La conversión de los residuos forestales, agrícolas y urbanos para la generación de energía reduce significativamente los problemas que trae el manejo de estos desechos.
- La biomasa es un recurso local que no está sujeto a las 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 energéticas pueden reducir la contaminación del agua y la erosión de los suelos; así como a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad.

Ventajas ambientales del uso energético de la biomasa

- Se considera que todo el CO₂ emitido en la utilización energética de la biomasa había sido previamente fijado en el crecimiento de la materia vegetal que la había generado, por lo que no contribuye al incremento de su proporción en la atmósfera y, por tanto, no es responsable del aumento del efecto invernadero.
- 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.
- Por otra parte, el uso de biocarburantes en motores de combustión interna supone una reducción de las emisiones generadas (hidrocarburos volátiles, partículas, SO₂ y CO).
- El empleo de la tecnología de digestión anaerobia para tratar la biomasa residual húmeda además de anular su carga contaminante, reduce fuentes de olores molestos y elimina, casi en su totalidad, los gérmenes y los microorganismos patógenos del vertido. Los fangos resultantes del proceso de digestión anaerobia pueden ser utilizados como fertilizantes en la agricultura.

Ventajas socioeconómicas del uso energético de la biomasa

- El aprovechamiento energético de la biomasa contribuye a la diversificación energética, uno de los objetivos marcados por los planes energéticos, tanto a escala nacional como europea.
- La implantación de cultivos energéticos en tierras abandonadas evita la erosión y degradación del suelo. La Política Agraria Comunitaria (PAC) permite la utilización de tierras en retirada para la producción de cultivos no alimentarios, como son los cultivos energéticos.

- El aprovechamiento de algunos tipos de biomasa (principalmente la forestal y los cultivos energéticos) contribuyen a la creación de puestos de trabajo en el medio rural.

III.12.2 Inconvenientes

La utilización energética de la biomasa presenta, debido a sus características, pequeños inconvenientes con relación a los combustibles fósiles:

- Los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las que usan un combustible fósil líquido o gaseoso.
- La biomasa posee menor densidad energética, o lo que es lo mismo, para conseguir la misma cantidad de energía es necesario utilizar más cantidad de recurso. Esto hace que los sistemas de almacenamiento sean, en general, mayores. La clave para este problema es ubicar el proceso de conversión cerca de las fuentes de producción de biomasa, como aserraderos, fábricas (por ejemplo azucareras) y granjas, donde los desechos de aserrío, el bagazos y las excrementos de animales están presentes.
- Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación. Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son más complejos y requieren unos mayores costes de operación y mantenimiento (respecto a las que usan un combustible fósil líquido o gaseoso). No obstante, cada vez existen en el mercado sistemas más automatizados que van minimizando este inconveniente.
- Los canales de distribución de la biomasa no está tan desarrollados como los de los combustibles fósiles (sólo aplicable en el caso de que los recursos no sean propios).
- Muchos de estos recursos tienen elevados contenidos de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones puede ser necesario un proceso previo de secado.

- La combustión incompleta produce materia orgánica, monóxido de carbono (CO) y otros gases. Si se usa combustión a altas temperaturas, también se producen óxidos de nitrógeno. A escala doméstica, el impacto de estas emanaciones sobre la salud familiar es importante.
- La producción y el procesamiento de la biomasa pueden requerir importantes insumos, como combustible para vehículos y fertilizantes, lo que da como resultado un balance energético reducido en el proceso de conversión. Es necesario minimizar el uso de estos insumos y maximizar los procesos de recuperación de energía.
- Los precios de la energía no compensan los beneficios ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.
- El potencial calórico de la biomasa es muy dependiente de las variaciones en el contenido de humedad, clima y la densidad de la materia prima.

III.12.3 Ventajas y desventajas de los biocombustibles

El análisis de las ventajas y daños lo haremos tanto desde el punto de vista ecológico como social y técnico. Empezaremos con los alcoholes, para luego estudiar con más detalle el caso de los aceites.

Ventajas y desventajas de los alcoholes

El uso de los alcoholes como sustituto de la gasolina para motores se propuso, y se realizó a gran escala, tras la crisis energética de principios de los años setenta, siendo el país que más recursos dedicó a ello Brasil. Pero tras la euforia inicial su uso ha decaído con el paso del tiempo, y ahora se propone como aditivo de la gasolina y no como su sustituto.

Habría que distinguir entre la obtención mediante Caña de Azúcar en zonas tropicales y subtropicales y mediante remolacha en zonas templadas.

Ventajas

- El CO₂ que se produce en la combustión se retira de la atmósfera por la planta en su crecimiento con lo que disminuye el efecto invernadero.
- Proporciona una fuente de energía renovable y por lo tanto inagotable.
- Revitaliza las economías rurales y genera empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola. Aumento de la renta agrícola.

Desventajas

- Gran necesidad de espacios de cultivo dado el bajo rendimiento en combustible, supuesto un contenido de azúcar del 40%, se obtiene de las melazas un 18% de alcohol como máximo. Es decir del total inicial se obtiene un 7 % de combustible.
- Potenciación de monocultivos intensivos, con el consiguiente uso de pesticidas y herbicidas que terminan dañando otras especies y contaminando las aguas.
- Dado que el combustible precisa de una transformación previa compleja, se libera en el proceso CO₂ neto que no es fijado por la planta, menor en el caso de la caña al usarse los restos como material energético, pero grande con la remolacha. No obstante la destilación les obliga a precisar una mayor emisión en dióxido de carbono por litro de combustible obtenido que para el caso de la gasolina o el gasóleo.
- Falta de rentabilidad económica frente a combustibles tradicionales o alternativos.
- Uso en un tipo de motor cuyo rendimiento es bajo (rendimiento del motor de gasolina en un máximo del 33%), con lo cual se produce más dióxido de carbono por kilómetro recorrido.

Ventajas y desventajas de los aceites

En cuanto a los aceites nos centraremos en el estudio del uso de los aceites de colza, por ser éste el objeto de la mayor parte de los estudios debido a la productividad en aceite de la planta. Los resultados, no obstante se podrán extrapolar a otros aceites vegetales, con el condicionante del menor rendimiento para el caso del girasol o el aceite de palma. Los datos del Balance Ecológico están tomados del informe del UBA <http://www.umweltbundesamt.de>, oficina alemana del medio ambiente, y sobre un cultivo en zona templada con precipitaciones de al menos 680 mm/año, repartidas favorablemente durante el periodo vegetativo, con una producción de 2,8 a 3,1 Tm/Ha de las que se obtienen unos 1100-1300 litros de aceite y de ellos, mediante transesterificación de 1000 a 1200 litros de equivalentes de gasóleo (valores por hectárea).

Ventajas

- El CO₂ liberado en la combustión se fija por la planta en su crecimiento.
- Buen rendimiento en la obtención de aceite, un 40%.
- La energía de transformación para obtener el combustible es muy baja, en el caso de los aceites, o aceptable en el caso del equivalente de gasóleo (ésteres).
- Uso en un tipo de motor (gasóleo, diesel, gasoil) que tiene un mayor rendimiento, un 40%, con lo cual se emite menos dióxido de carbono por kilómetro recorrido.
- Menor contaminación de las aguas en caso de vertido debido a su degradado total de forma biológica.
- En el caso del aceite una menor emisión en óxidos de azufre frente al gasóleo.
- En el caso de los ésteres, menor emisión en partículas, compuestos aromáticos y monóxidos de carbono frente al gasóleo.

Desventajas

- Superficie de producción precisa.
- Necesidades de abonado en nitrógeno que conducen, al ser un cultivo intensivo, a su acumulación en las aguas subterráneas.
- Contaminación de aguas subterráneas mediante herbicidas y fitosanitarios.
- En el caso de los aceites, mayores emisiones en compuestos aromáticos, monóxido de carbono y aldehidos.
- En el caso de los ésteres, mayores emisiones en óxidos de nitrógeno, aldehidos y acetonas.

III.12.4 Resumen de ventajas y desventajas

| Ventajas | Inconvenientes |
|---|--|
| Biomasa | Biomasa |
| Disminuyen la dependencia energética exterior del 82%, siempre que esta se produzca interiormente. | La sobreexplotación puede transformar la biodiversidad. |
| Los combustibles fósiles provienen de biomasa que miles de años atrás elimino CO2 para su formación de elementos hidrocarburos o carbonosos, y que en la actualidad nosotros liberamos al quemarla. | Debemos contabilizar la asimilación y la producción de CO2 en cada caso, y en la mayoría de ellos trabajamos con aproximaciones e hipótesis, no se consideran otros muchos más factores. |
| Biocombustibles | Biocombustibles |
| Ventajas técnicas frente al gasóleo: · Mayor lubricidad, con lo cual se alarga la vida del motor y reduce su ruido. · Mayor poder disolvente, que hace que no se produzca carbonilla ni se obstruyan los conductos y mantiene limpio el motor. | Producen otros elementos a considerar CO, Inquemados, SOx |
| EMC Ester metílico de Colza no se ha detectado ningún tipo de anomalía relevante en ensayos de duración con mezclas entre 10% y 30% de éster con gasóleo. | EMC Ester metílico de Colza produce leve incremento del consumo y ligera disminución de potencia con mezclas de hasta el 30%. Variaciones mayores con éster al 100% (-7% en potencia y +16% en consumo). |
| Emisiones: Disminución importante de CO y hidrocarburos con 100% de éster. En el resto de los casos, similares al gasóleo. Eliminación de SOx e importante disminución de CO2 (gracias al proceso de fotosíntesis). | Comportamiento en frío: problemas con porcentajes de mezcla superiores al 30%. El Biodiésel tiene un punto de congelación (equivalente al CFPP del Gasóleo) entre 0º y -5º. |

| | |
|--|--|
| | <p>En los motores de los automóviles, los problemas asociados por utilizar biodiésel como combustible de motores de inyección directa, son los que a continuación se presentan:</p> <ul style="list-style-type: none"> · La potencia del motor disminuye, porque el poder calorífico inferior (P.C.I.) del biodiésel es menor · El consumo de combustible aumenta, ya que el biodiésel contiene menos poder calorífico que el gasóleo. · Las emisiones de óxidos de nitrógeno generalmente aumentan, consecuencia de las mayores presiones y temperaturas que se alcanzan en la cámara de combustión, que a su vez se deben a un tiempo de retraso de la misma. · Cuando se utiliza 100% de biodiésel, el aceite lubricante se contamina, debido a la menor viscosidad del éster en comparación a éste. · Algunos materiales se deterioran con el biodiésel: pinturas, plásticos, gomas, etc. cuando se utiliza 100% de biodiésel |
|--|--|

| Ventajas | Inconvenientes |
|--|---|
| Biocombustibles (cont.) | Biocombustibles (cont.) |
| <p>En la síntesis del biodiésel, se forman entre el aceite y el alcohol, normalmente metílico, ésteres en una proporción aproximada del 90% más un 10% de glicerina. La glicerina representa un subproducto muy valioso que de ser refinada a grado farmacológico puede llegar a cubrir los costos operativos de una planta productora</p> | <p>La creciente oferta de glicerina está provocando ya una disminución de sus precios de venta con la consiguiente problemática de merma de rentabilidad que ello supone para el sector del biodiésel. Al nivel actual de producción, las glicerinas tienen suficientes salidas comerciales actualmente, pero conseguir una producción de biodiésel de la magnitud del objetivo fijado para el 2010 podría tener problemas en la saturación del mercado de glicerina, su combustión y aprovechamiento energético se debe realizar con medidas de seguridad para no emitir gases tóxicos (acrolina), los cuales se forman entre los 200 y 300 °C..</p> |
| <p>Los biocarburantes de 2ª generación se producen a partir de biomasa lignocelulósica (residuos agrícolas tales como la paja del cereal, residuos forestales o cultivos energéticos de uso íntegro como el chopo o el cardo).</p> | <p>Se utilizan materias primas para su fabricación procedentes del sector alimentario y se permiten duplicar, e incluso, triplicar su rendimiento por hectárea, con el agravante ético que suscita cuando existen personas pasando hambre.</p> |
| <p>Se pierde dependencia de países productores de petróleo OPEP.</p> | <p>Se adquiere dependencia de países productores de cereales y aceites Brasil, Argentina y Australia</p> |
| <p>Aumentará la producción de fertilizantes y se liberaliza la producción agrícola con el "chequeo médico".</p> | <p>La sobreexplotación del terreno puede producir mayor cantidad de contaminación a largo plazo.</p> |
| <p>Biomasa forestal</p> | <p>Biomasa forestal</p> |

III. La Biomasa

Disminuirán los incendios forestales al mejorar el rendimiento y la economía de las personas que viven de los bosques y se producirá mayor reforestación.

La sobreexplotación del terreno puede producir mayor cantidad de contaminación a largo plazo.



IV La Biomasa en Castilla y León

IV.1 Gestión de recursos leñosos

IV.1.1 Residuos de industrias forestales

Por poner ejemplos de actuación, durante el año 2007 hubo dos subastas públicas de montes en la provincia de León, según la consejería de Medio Ambiente de la CC.AA. el día 15 de junio y 9 de noviembre en ellas se subastaron 65 lotes de montes con un total de 3.192 ha, con precios que oscilaron entre 16,5 €/t a 3 €/t con una media de 74 t/ha a 30 t/ha, adquiridos en mayor parte por FINSA,S.A., JOSE JULIO DA SILVA PEREIRA, GARCÍA FORESTAL, S.L., MADERAS CONTRADI, S.L., RAMAFOSA, FORESTAL GONZÁLEZ, S.L., MADERAS DEL RÍO CEA, S.L., FORESTALES BULFOR, S.L., JOSÉ RAMÓN MARINERO, S.L., MADERAS CASTAÑEIRAS, S.L., PALETS VILLABUENA, S.L., TÉCNICAS FORESTALES DEL NOROESTE, y EDELMIRO LÓPEZ RODRÍGUEZ, quedando 16 desiertos.

La producción de esta materia prima, Biomasa, del sector maderero, producida por los Entes Públicos en la provincia de León durante el año 2007 produjo unos movimientos económicos aproximados de 1.590.600 €, como coste de material, habría que añadirle coste del personal y la maquinaria necesaria para su extracción. Si toda esta biomasa producida por las entidades públicas la consideramos para generación de energía, con una media de 37,5 t/ha, los 159.600 t de madera a un poder calorífico inferior medio de una media de 0,15 tep/t producirían toda ella 24 ktep/año. Comprobamos que el mercado de la biomasa forestal es muy pequeño, y su explotación está por desarrollarse. Esta biomasa sale de la provincia de León y se distribuye por el territorio nacional, produciendo en sus partes no utilizadas, corteza, serrín de corte, etc. Biomasa en las industrias madereras que podría ser de un 10%.

Este proceso se pretende llevar de manera sostenible, así que la obtención de materiales forestales necesarios para la reforestación durante la campaña 2005/2006 en la provincia de León han sido:

IV. La Biomasa en Castilla y León

PLANTA PRODUCIDA Uds., LEÓN 2005/2006

CONÍFERAS

FRONDOSAS

4.340.500

182.400

La recuperación de terrenos desarbolados constituye uno de los objetivos prioritarios de la política forestal de la Junta de Castilla y León, durante el año 2005 se produjo en la provincia de León:

REPOBLACIONES FORESTALES EN PROVINCIA LEÓN (Ha)

| Año | Gestión montes Régimen Privado | Forestación Tierras Agrícolas | Replantaciones Junta (Montes UP, consorcios, | TOTAL |
|------|-----------------------------------|----------------------------------|---|-------|
| 2005 | 233 | 5.969 | 1.406 | 7.608 |
| 2006 | 201 | 2.144 | 1.900 | 4.245 |

Del segundo inventario forestal de Castilla y León realizado en el año 2000, extraemos los datos de la provincia de León por especies obteniendo unas superficies forestales de la provincia de León (ha) de:

| Forestal arbolado | Forestal arbolado ralo | Forestal desarbolado | Forestal |
|-------------------|------------------------|----------------------|----------|
| 167.281 | 101.928 | 590.316 | 859.525 |

La superficies por propiedad y uso en hectáreas (ha) son:

| Estado CC.AA. | U.P.Sin consorcio | U.P.cons | Libre disposic | Particular c/conso | Particu s/cons | Total |
|---------------|-------------------|----------|----------------|--------------------|----------------|-----------|
| 4.937 | 45.099 | 62.272 | 3.595 | 17 | 51.361 | 167.281 |
| 643 | 32.943 | 35.844 | 2.294 | | 30.204 | 101.928 |
| 3.790 | 223.687 | 222.477 | 4.132 | 46 | 136.184 | 590.316 |
| 435 | 39.674 | 37.812 | 1.071 | 19 | 572.062 | 651.073 |
| 108 | 11.253 | 7.750 | 320 | | 28.056 | 47.487 |
| 9.913 | 352.656 | 366.155 | 11.412 | 82 | 817.867 | 1.558.085 |

IV. La Biomasa en Castilla y León

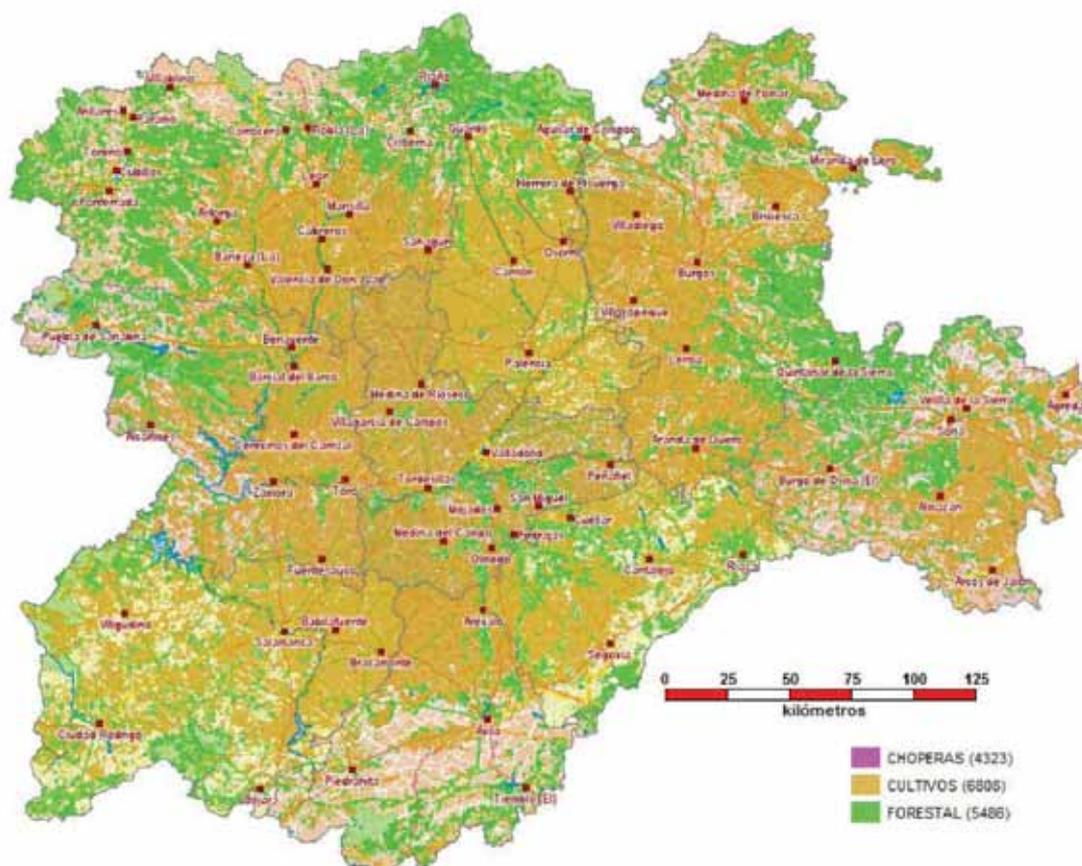


Figura 30. Masa forestal en la Autonomía de Castilla y León

La distribución por especies en León es de:

| Especie | Pies mayor | A. b. m ² | VCC m ³ | VSC m ³ | IAVC m ³ | VLE m ³ | Pies menor |
|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Pino negral | 14.515.774 | 378.657 | 1.608.173 | 943.483 | 98.921 | 99.723 | 6.446.557 |
| Pino silvestre | 21.719.358 | 374.388 | 1.644.072 | 1.268.548 | 144.778 | 120.620 | 6.352.598 |
| Pino laricio | 10.749.525 | 160.376 | 641.308 | 445.387 | 68.421 | 41.094 | 4.940.840 |
| Pino insigne | 1.214.430 | 18.489 | 103.277 | 81.165 | 13.503 | 8.631 | 536.095 |
| Encina | 4.444.833 | 58.867 | 124.880 | 92.868 | 0 | 46.411 | 26.596.515 |
| Rebollo | 24.048.164 | 389.948 | 1.375.068 | 980.737 | 121.848 | 204.351 | 84.209.596 |
| Roble albar, | | | | | | | |
| carballo | 6.123.422 | 236.853 | 1.068.868 | 851.425 | 32.401 | 132.277 | 12.600.742 |
| Haya | 13.764.336 | 388.345 | 1.858.963 | 1.665.315 | 72.191 | 195.468 | 15.289.871 |
| Castaña | 764.083 | 100.237 | 257.789 | 215.298 | 4.479 | 88.242 | 326.900 |
| Chopo | 1.831.013 | 72.542 | 496.172 | 401.076 | 50.592 | 29.427 | 1.794.529 |
| Abedul | 604.971 | 14.184 | 54.643 | 43.875 | 5.846 | 6.783 | 1.135.133 |
| Serbal | 658.286 | 8.524 | 27.021 | 23.266 | 3.349 | 3.444 | 1.765.360 |
| Acebo | 705.541 | 8.658 | 22.888 | 19.142 | 3.556 | 3.474 | 10.713.669 |
| Árboles ripícolas | 381.068 | 14.015 | 57.570 | 46.677 | 2.884 | 9.533 | 831.532 |
| Otras frondosas | 645.138 | 12.810 | 49.379 | 41.419 | 4.018 | 7.653 | 8.879.328 |
| Total | 102.169.942 | 2.236.893 | 9.390.071 | 7.119.681 | 626.787 | 997.131 | 182.419.265 |

VCC .- Volumen con corteza

VSC .- Volumen sin corteza

IAVC .- Incremento anual del volumen con corteza

VLE .- Volumen de leñas

Podríamos estimar cuales son las reservas de biomasa forestal existente en la actualidad en la provincia de León, considerando el terreno arbolado y arbolado ralo, y las posibles existencias de biomasa si reforestáramos todo el terreno desarbolado, considerando toda esta superficie para producir biomasa útil para generación de energía por combustión, con una media aproximada de 37,5 t/ha, los 159.600 t de madera a una media de 0,15 tep/t producirían toda ella 24 ktep/año.

| Forestal arbolado | Forestal arbolado ralo | Forestal desarbolado | Forestal |
|-------------------|------------------------|----------------------|------------|
| ha | ha | ha | ha |
| 167.281 | 101.928 | 590.316 | 859.525 |
| t/ha | t/ha | t/ha | t/ha |
| 37 | 22 | 29,5 | 30 |
| t | t | t | t |
| 6.189.397 | 2.242.416 | 17.414.322 | 25.846.135 |
| tep/t | tep/t | tep/t | tep/t |
| 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Ktep | Ktep | Ktep | Ktep |
| 928 | 336 | 2.612 | 3.877 |

Toda la superficie arbolada de la provincia de León nos producirían 1.265 ktep de energía procedente de biomasa forestal, si fuera capaz de reforestar toda la superficie forestal desarbolada me producirían el total de la superficie forestal de la provincia de León 3.877 ktep.

Debemos compararlo con la energía consumida para generación de electricidad en las tres Centrales Térmicas de la provincia de León durante el año 2006 que fue de 2.977 ktep. Si se pretendiera atender un 10% de esta energía en co-combustión de biomasa forestal con energía convencional (carbón, antracita, fueloil, etc..) supondría un consumo anual de 297 ktep. O sea quemaríamos toda la masa forestal arbolada existente en cuatro años, o deberemos reforestar un 15% de toda la superficie forestal desarbolada anualmente para que podamos consumir esta biomasa de manera sostenible, dentro de 10 o 15 años cuando su crecimiento nos lo permita a través de la

Silvicultura tradicional, también es posible ir a cultivos energéticos intensivos o populicultura.

Las intervenciones selvícolas directas sobre la vegetación se centran por un lado en la eliminación selectiva, bajo criterios técnicos, de los individuos y especies menos interesantes del rodal forestal: «limpias, clareos y claras» y, por otro, a nivel de individuos concretos, en la supresión de parte de sus ramas: podas. En las «limpias» siegas, escardas, desbroces, rozas, etc.— se eliminan vegetales extraños a los que constituyen la masa principal, en particular las especies herbáceas y de matorral.

Su finalidad primordial suele ser la supresión de competencia de las especies principales, aunque en la mayoría de las ocasiones cumplen otros objetivos complementarios, como el incremento de la producción pascícola o la disminución del peligro de incendios. Los «clareos» se centran en la eliminación de los pies defectuosos o peor conformados del estrato arbóreo en los primeros estadios del crecimiento de la masa, cuando todavía no tienen valor comercial, con el fin de regular tempranamente su composición, densidad y calidad. Por último, en las «claras» se extraen pies maderables en las etapas intermedias del desarrollo, con el objetivo de concentrar el crecimiento en los individuos o especies más interesantes, de modo que a la edad de madurez llegue una masa sana, vigorosa y de calidad, y en condiciones de densidad adecuadas para afrontar los tratamientos de regeneración. Se engloban dentro del concepto selvícola de «cortas de mejora». Las primeras claras suelen ser poco rentables, lo que dificulta y a veces retrasa peligrosamente su ejecución. Para mejorar su rendimiento, con frecuencia llevan asociada la creación de una pequeña infraestructura de desembosque, conocida habitualmente como red de «calles de saca», con el fin de poder extraer por ella, en esta primera y en las sucesivas intervenciones, los pies que se corten sin dañar al resto del arbolado.

Las claras se repiten generalmente de manera periódica a lo largo de la vida de la masa, normalmente con una rotación o recurrencia media de unos 10-15 años, con objeto de que la regulación de la densidad y el control de la

competencia entre los árboles se produzca de forma paulatina. Estos tratamientos finalizan cuando se inician las denominadas «cortas de regeneración o cortas finales».

Los tratamientos del vuelo se completan con las podas, en las que se cortan, con distintos criterios y técnicas, ramas vivas o muertas de los árboles con objeto de aumentar la calidad de la madera, incrementar la producción de fruto, obtener aprovechamiento de leña, disminuir el combustible ante el riesgo de incendios o mejorar su estado sanitario. La ejecución de tratamientos culturales sobre el vuelo o de los distintos tipos de corta que se describen en el epígrafe siguiente genera una serie de restos que en principio se acumulan sobre el suelo y acaban descomponiéndose por acción de los microorganismos.

Los restos gruesos, leñas, pueden tener valor comercial para utilizarlos como biocombustibles o en las industrias de desintegración.

Cuando los «residuos» no tienen salida comercial y su acumulación sobre el suelo ocasiona problemas, como el aumento considerable del riesgo de incendios o plagas, la disminución de la producción pascícola, o la imposibilidad de ejecutar trabajos, laboreos, se procede a su «eliminación». Si es posible la mecanización, el método más habitual es la trituración, de forma que el producto obtenido se incorpora al substrato de una forma mucho más rápida.

Lo ideal sería que, en cualquier bosque, la técnica selvícola empleada fuera capaz de maximizar las demandas de aprovechamientos, servicios y utilidades al mismo tiempo, pero ello no siempre es posible. Una intervención diseñada para optimizar la producción de madera en cantidad y calidad puede no ser adecuada desde el punto de vista paisajístico o, en el otro extremo, un tratamiento que persiga una mayor complejidad estructural puede ser incompatible con la protección frente a los incendios, o resultar antieconómico. Los gestores de montes han intentado resolver estos problemas por dos vías fundamentales: la zonificación espacial y la jerarquización de prioridades. En el primer caso, se asignan funciones específicas especializadas, simples o complejas, a diferentes superficies de los montes, como los clásicos cuarteles

de protección, producción y recreo, de los proyectos de ordenación. En el segundo, algunas producciones o utilidades se subordinan a otras hasta llegar, en casos extremos, a anularse. Ambas estrategias son complementarias y suelen aplicarse simultáneamente en nuestros montes.

El valor medio de las producciones primarias de los bosques de Castilla y León, según los datos de la Consejería de Medio Ambiente, se sitúa en 64 millones de euros. El principal aprovechamiento es la madera, cuya producción y valor medio en el período 2001-2005 fue de 1,4 millones de m³, 42,0 mill. €. Para el mismo período, la leña supuso 0,7 millones de estéreos, 3,4 mill. €. Las setas, las castañas, el piñón, el corcho y la resina tienen producciones más variables. En el período 2001-2005 la producción y el valor medio de estos aprovechamientos en orden de importancia económica decreciente fue el siguiente: el piñón con cáscara de pino piñonero (800 t, 2,3 mill. €), la castaña (2.600 t, 2,0 mill. €), las setas (600 t, 1,9 mill. €), el corcho (525 t, 1,0 mill. €) y la resina (1.975 t, 0,13 mill. €) que se mantiene precariamente en algunos montes, particularmente de Segovia.

Algunos de estos recursos tienen un potencial muy superior al nivel de aprovechamiento que dan las estadísticas. Tal es el caso de las setas, cuya producción potencial estimada es de 6.600 t (Martínez de Azagra et al., 1998). Consumiendo mucha de la paja sobrante del cereal para su comercialización. Por la dificultad asociada para evaluar este recurso, los valores deben considerarse únicamente como orientativos.

Las masas forestales en Castilla y León suman un total de 7,2 millones de m³ (Tercer Inventario Forestal Nacional).

La populicultura o Silvicultura del chopo (*Populus spp*) es la ciencia y técnica que trata del cultivo del chopo. Es una faceta muy especializada de la Silvicultura, marcada por el carácter intensivo de las labores y tratamientos que se llevan a cabo en el arbolado y por trabajar habitualmente con individuos controlados genéticamente. Esta especialización, que nos mueve a hablar de «cultivos forestales», ha permitido un interesante desarrollo científico, técnico y económico de la populicultura que, sin duda, ha venido de la mano de su

interés productivo, indudable motor de los notables esfuerzos de investigación y desarrollo que han tenido lugar alrededor de las especies del género *Populus*. Es sin duda en este campo donde más ha avanzado la genética forestal.

Por extensión, se incluye en esta técnica la Silvicultura de choperas y alamedas naturales, mucho más próxima a la Silvicultura clásica, en la que los objetivos de conservación, mejora y regeneración de los bosques son el punto de partida de todos sus planteamientos. En una plantación de chopos, la persistencia de la masa pasa a ser una cuestión menor, por no plantear ningún problema, y son la productividad y la rentabilidad las que condicionan las técnicas a emplear. Castilla y León cuenta con una importante superficie de choperas, cercana a las 45.000 hectáreas, casi la mitad de las choperas de España, estimada en 100.000 ha. En nuestro país, la populicultura ha alcanzado un aceptable desarrollo desde los puntos de vista técnico, científico, y económico, aunque algunos países vecinos nos superan ampliamente en superficie de choperas, Francia tiene 450.000 hectáreas de choperas, y en desarrollo científico, Italia es cuna de buena parte de los clones que se utilizan en España.

La populicultura es una Silvicultura clonal que se apoya en la selección de los clones más adecuados para cada situación, eligiendo los más productivos, resistentes y adaptados a cada tipo de terreno. La regulación vigente sobre la comercialización de los materiales forestales de reproducción, fundamentalmente semillas y plantas forestales, sólo permite la utilización de determinados clones. En concreto, hasta 2003 únicamente se podían comercializar catorce clones. Esta lista ha sido ampliada por la Orden APA/544/2003 de 6 de marzo, e incluye otros catorce clones. Los catorce iniciales eran: Agathe F, Campeador, Canadá blanco, Flevo, I-MC, I-214, I-488, Luisa Avanzo, Triplo, 114/69, Lux, Tr 56/75 (Anadolu), Beaupré y Raspalje, y la ampliación de 2003 incluye los siguientes: 2000 Verde, B-1M, BL-Constanzo, Branagesi, Dorskamp, Guardi, I-454/40, NNDV, Bordils, Lombardo Leonés, Viriato, Boelare, Unal y USA 49-177.

De esta relación de clones debe destacarse el I-214, un clásico que data de 1929, y que ha encontrado en Castilla y León su medio óptimo: no en vano más del 60% de las plantaciones de chopo castellano-leonesas corresponden a este clon. Su éxito se debe a la continentalidad de nuestro clima, ya que la sequedad ambiental del verano frena el desarrollo de algunas enfermedades a las que este clon es bastante sensible. Precisamente por esta razón ha ido abandonándose en otros países de nuestro entorno, a pesar de la calidad de su madera, su aceptable crecimiento, y la capacidad para desarrollarse en diferentes terrenos.

La Silvicultura de las choperas de producción presenta algunas particularidades que la diferencian netamente de la de otras especies. Inicialmente, se parte de una densidad de plantación que permanece constante hasta el final del turno, por lo que no existen cortas de mejora, claras y clareos, uno de los pilares de la Silvicultura. El marco de plantación suele situarse entre 7 x 7 m y 5 x 5 m (204 a 400 pies por ha), dependiendo de la profundidad de suelo útil, su fertilidad, y la especie o clon utilizado. Los interamericanos como Raspalje y Beaupré, admiten mayores densidades.

En Castilla y León casi el 75% de las choperas se planta «a raíz profunda», realizando un hoyo, normalmente con retroexcavadora, que permite poner en contacto el plantón con la capa freática, con lo que no es necesario regar. La plantación a raíz superficial, minoritaria en Castilla y León, es utilizada por muchos propietarios particulares por ser más sencilla y exigir una menor inversión inicial, pero tiene el inconveniente de que requiere el suplemento del riego en verano, se recomiendan riegos espaciados pero generosos, para que el agua penetre en profundidad en el terreno. Debido a la buena capacidad de arraigo de los clones utilizados, no es necesario que los plantones utilizados lleven raíces; una vez colocados en el hoyo, éstos desarrollan un nuevo sistema radical suficiente para su completo desarrollo. Uno de los cuidados culturales más necesarios para obtener madera de calidad son las podas de formación en los dos o tres primeros años, para facilitar el desarrollo de la guía terminal del árbol, conseguir un fuste recto, y evitar las horquillas terminales. También son necesarias podas de conformación de fuste para conseguir una

madera libre de nudos en las dos o tres primeras trozas. Se trata de labores necesarias y rentables por la mejora que conllevan en la calidad de la madera, y que se han visto favorecidas por la especialización de herramientas y máquinas destinadas a facilitar y mejorar su ejecución: plataformas elevadoras, tijeras neumáticas, etc. Las podas y los gradeos, recomendables los primeros años de desarrollo de la choperas, son otros elementos diferenciadores de la populicultura respecto al resto de las Silviculturas de especies. El ciclo concluye con la corta a hecho, el destocoado y una nueva plantación.

La progresiva implantación de la populicultura nos permite estimar que más de la mitad de las choperas de producción de nuestra región tienen, en mayor o menor medida, los cuidados que son aconsejables, podas y gradeos, para obtener una buena producción y calidad de la madera. No obstante, se debe seguir trabajando en la difusión e implantación de las técnicas adecuadas de la populicultura. En España, la «Comisión Nacional del Chopo» y, dentro de ella, el grupo de trabajo de populicultura, ejerce una labor de coordinación de los esfuerzos por el avance de la Silvicultura de choperas.

Las líneas de desarrollo de la populicultura giran alrededor de la madera del chopo que goza de extraordinarias propiedades que la hacen apta para numerosos usos, muchos de ellos basados en el desenrollo. No en vano, la madera de las choperas de producción se paga, en pie, a precios superiores a los de otras especies de nuestro entorno. Son habituales precios de 60 o 70 €/m³, mientras que otras maderas de prestigio de nuestra región, como el pino silvestre de Soria o de Valsain no suelen alcanzar estas cifras. Claro está que la accesibilidad de las choperas favorece su valoración en pie. Como se ha indicado, el desenrollo, que sólo es posible en las dos o tres primeras trozas del fuste, supone la máxima valorización del chopo. De esta forma se puede obtener tablero contrachapado que goza de numerosas aplicaciones.

La madera de chopo también se emplea para la fabricación de cajas de fruta de calidad, y toda una suerte de pequeños objetos a los que se quiere dar una imagen ecológica y limpia, gracias a que se trata de una madera ligera, muy manejable, clara e inodora. Los palillos de dientes y las cerillas también se

elaboran con esta madera, así como elementos tan dispares como juguetes de madera, suelas de calzado ortopédico, lamas de algunos somieres o ciertas estructuras de madera laminada, su alma.

A pesar de su bajo poder calorífico, los costeros y otros restos de la industria del chopo se utilizan en algunas panaderías para cocer el pan de horno de leña, que imprime calidad a este producto tan básico en nuestra alimentación.

Por último hay que destacar las numerosas aplicaciones de los tableros de fibras y de partículas «aglomerado», o incluso determinados aislantes térmicos y acústicos que pueden elaborarse con viruta de chopo. En definitiva, no se trata de una madera existente a los esfuerzos ni perdurable sin protección, pero estos no son inconvenientes para las aplicaciones mencionadas, en las que son otras las propiedades demandadas

Todo ello ha permitido el desarrollo de un tejido empresarial formado por la industria de aserrado y desenrollo que tiene en nuestra región una buena implantación y que sigue mejorando con el establecimiento de empresas que incorporan las tecnologías más avanzadas del sector.

GARNICA PLAYWOOD consume el 55% de la producción de chopo de Castilla y León, se utiliza fundamentalmente para la base de parquet flotante y los paneles de los vehículos autocaravanas, su fábrica está situada en Valencia de Don Juan produce anualmente 232.000 m³ de madera. Equivalente a 175.000 t de chopo.

De esta producción se obtiene un subproducto en forma de astilla de 120.000 esteros, (sobrante de su industria), equivalentes a 26.500 t, procedentes de explotaciones forestales de chopo de cultivo de entre 12 y 15 años, de toda Castilla y León. Se tritura sobre el terreno en trozos de 3 cm x 3 cm. Con un poder calorífico inferior de material seco (8% humedad) de 3.950 kcal/kg, con un 30% de humedad en la astilla recogida en agosto, considerando 0,15 tep/t supondrían 4 ktep/año.

El precio al que se está vendiendo este material actualmente a las fábricas de aglomerado es de 0,055 €/kg o 12€/estereo.

Si consideramos toda su producción de chopo de esta industria, veríamos que nos producirían 30 ktep/año, incluyendo el árbol para tablero y el sobrante.



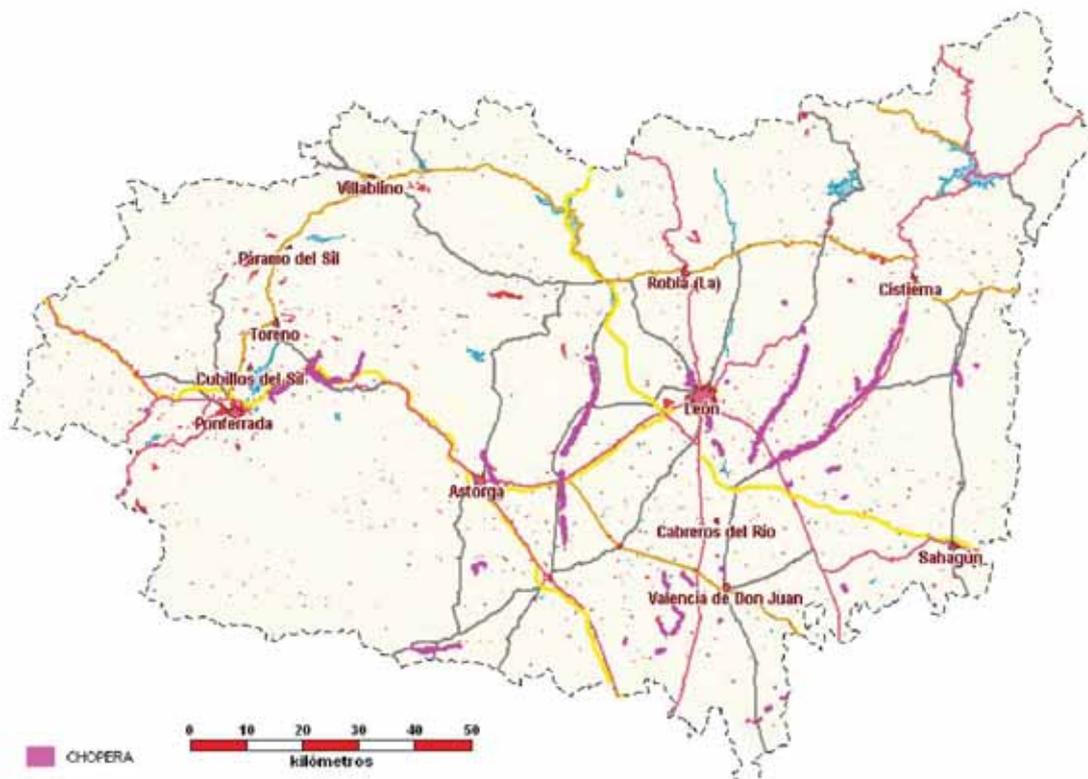


Figura 31. Choperas cultivadas en León

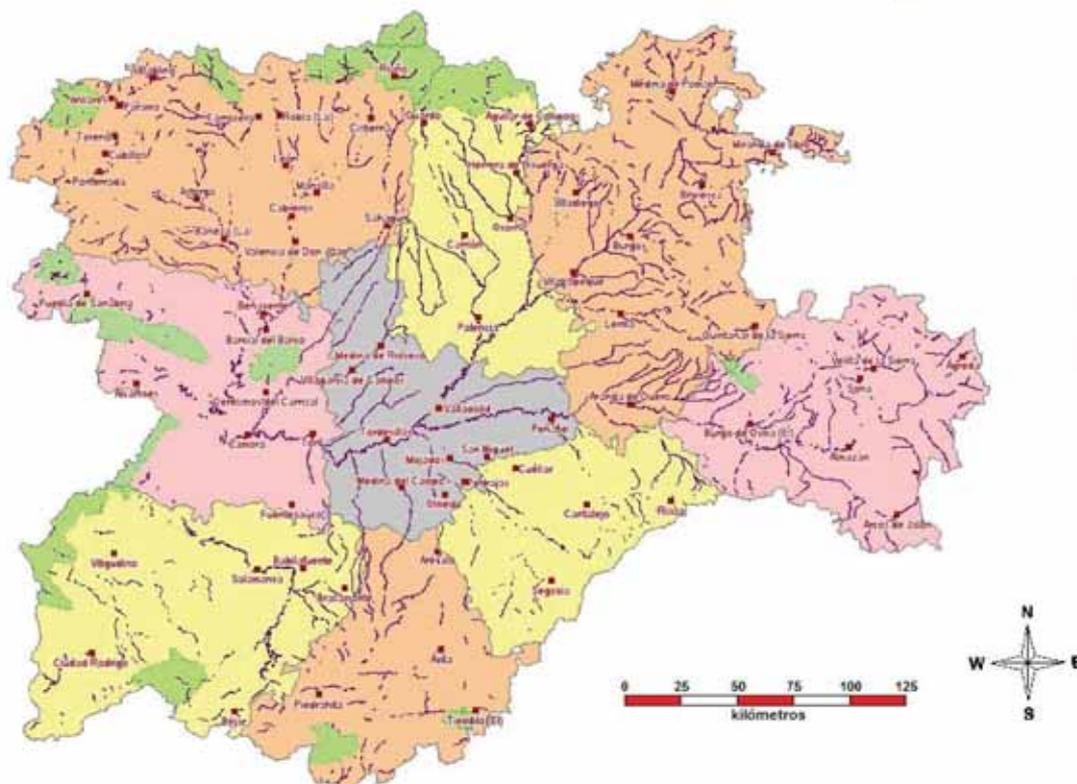


Figura 32. Choperas en Castilla y León

Con este material se realizan las pruebas de co-combustión en la Central Térmica de La Robla para sus pruebas para el convenio con IBERDROLA.

La tendencia sería a ir a un clon de crecimiento rápido específico para mejorar sus cualidades en aprovechamiento energético, con una plantilla mucho más reducida en plantaciones de rivera de río, con una corta bianual o incluso se están ensayando cortas anuales, para una producción intensiva del chopo para combustión en centrales de producción de energía eléctrica con biomasa.

IV.1.2 Fases del tratamiento de los recursos leñosos

Las actuaciones en prevención de incendios, favorecen una fuente de generación de Biomasa ya que los propagadores de fuego principales en un incendio forestal son, el pasto, el matorral y la hojarasca de debajo, hojarasca debajo de arbolado y el deshecho (o residuo) de corta, durante los años 2.005 y 2.006 estas fueron las superficies desbrozadas en la provincia de León por este motivo:

| | Ha DESBROZADAS |
|------|----------------|
| 2005 | 5.267 |
| 2006 | 4.068 |

La obtención de materiales forestales necesarios para la reforestación durante la campaña 2.005/2.006 en la provincia de León han sido:

| PLANTA PRODUCIDA Uds., LEÓN 2005/2006 | |
|--|-----------|
| CONÍFERAS | FRONDOSAS |
| 4.340.500 | 182.400 |

La recuperación de terrenos desarbolados constituye uno de los objetivos prioritarios de la política forestal de la Junta de Castilla y León, durante el año 2.005 se produjo en la provincia de León:

REPOBLACIONES FORESTALES EN PROVINCIA LEON (Ha)

| Año | Gestión de montes en Régimen Privado | Forestación Tierras Agrícolas | Repoblaciones de la Junta (Montes U.P., consorcios, | TOTAL |
|------|--------------------------------------|-------------------------------|---|-------|
| 2005 | 233 | 5.969 | 1.406 | 7.608 |
| 2006 | 201 | 2.144 | 1.900 | 4.245 |

IV.2 Posibilidades de los cultivos energéticos

En el año 2004 de los datos que proporciona la Junta de Castilla y León podemos ver las producciones y hectáreas dedicadas a los diferentes cereales en la provincia de León:

| | Secano ha | Regadío ha | Total ha | kg/ha | kg/ha | Grano (t) | Paja (t) | Venta fuera (t) |
|--------------------|-----------|------------|----------|-------|-------|-----------|----------|-----------------|
| Cereales Invierno | | | | | | | | |
| Trigo | 23.054 | 8.350 | 31.404 | 2.680 | 5.600 | 108.545 | 53.187 | 98.796 |
| Cebada | 23.234 | 6.471 | 29.705 | 2.650 | 5.500 | 97.161 | 45.488 | 81.675 |
| Cereales Primavera | | | - | | | | | |
| Maíz | - | 65.250 | 65.250 | | 9.600 | 626.400 | 31.320 | 617.004 |

| | Secano | Regadío | Total | kg/ha | kg/ha | t |
|-----------|--------|---------|-------|-------|--------|---------|
| Remolacha | - | 7.501 | 7.501 | - | 73.800 | 553.574 |

Ya que en esta provincia exceptuando la planta de bioetanol piloto del ITACYL, cuyos consumos serán testimoniales para la experimentación, se basan en cultivos para biodiesel, nos centraremos en los cultivos de:

- Colza
- Girasol
- Soja

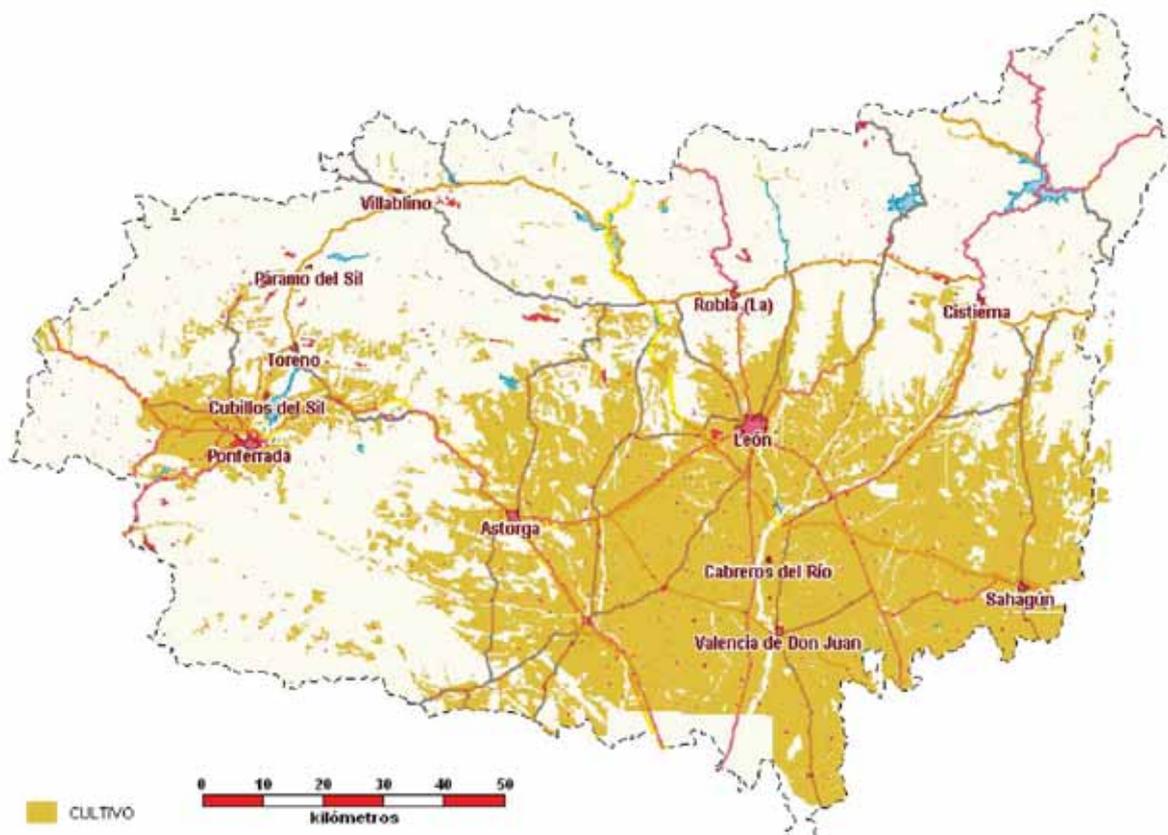


Figura 33. Superficie de cultivo de León

IV.3 Demanda térmica en Instalaciones

Las diferentes instalaciones que utilizan Biomasa para su funcionamiento actualmente y las que están proyectadas para una instalación futura en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, se pueden agrupar en función del tipo de uso al que se destine la biomasa, así podemos distinguir entre:

Tabla 38. Biomasa como energía primaria para su transformación en energía eléctrica

| nº | COMBUSTIÓN | MWe | Provincia | Promotor | BIOMASA | MWh/año | h/año | Rend e |
|-----|-----------------------|-----|------------|--------------|------------------|---------|-------|--------|
| 1 | Briviesca | 16 | Burgos | Acciona-EREN | Paja | 120.800 | 7.550 | 38% |
| 2 | Valencia D. Juan | 25 | León | Acciona-EREN | Paja | 188.750 | 7.550 | 38% |
| 3 | Almazan | 15 | Soria | Valoriza | Total | 113.250 | 7.550 | 38% |
| 3.1 | | | | 50% | Paja | 56.625 | | 38% |
| 3.2 | | | | 35% | Cult Energ Chopo | 39.638 | | 38% |
| 3.3 | | | | 15% | Forestal | 16.988 | | 38% |
| 4 | San Miguel del Arroyo | 15 | Valladolid | ENCE | Forestal | 113.250 | 7.550 | 38% |
| 5 | Carrocera | 15 | León | | Forestal | 113.250 | 7.550 | 38% |
| 6 | Osorno | 38 | Palencia | Valoriza | Paja | 286.900 | 7.550 | 38% |

IV. La Biomasa en Castilla y León

| nº | COMBUSTIÓN | MWe | Provincia | Promotor | BIOMASA | MWh/año | h/año | Rend e |
|--------------------------------|----------------------|--------|------------|--------------|------------------|-----------|-------|--------|
| 7 | Valencia D. Juan | 25 | León | ENCE | Cult Energ Chopo | 188.750 | 7.550 | 38% |
| 8 | Mansilla | 10 | León | Renova | Forestal | 75.500 | 7.550 | 38% |
| 9 | Cubillos del Sil | 10 | León | Renova | Forestal | 75.500 | 7.550 | 38% |
| 10 | Villadiego | 6 | Burgos | ACS | Forestal | 45.300 | 7.550 | 38% |
| 11 | Burgos | 10 | Burgos | Interbon | Forestal | 75.500 | 7.550 | 38% |
| 12 | Peñañiel | 1,2 | Valladolid | Ebro-Puleva | Remolacha | 9.060 | 7.550 | 38% |
| 13 | Soria | 10 | Soria | Dalkia | Forestal | 75.500 | 7.550 | 38% |
| 14 | Tierra de Pinares | 0,12 | Valladolid | Experimental | Cacara Piñon | 906 | 7.550 | 38% |
| 15 | Soria | 4,2 | Soria | Tolosa | Polvo serrin | 31.710 | 7.550 | 38% |
| Total | | 200,52 | | | | | | |
| ASOCIADA TERMOELECTRICA | | | | | | | | |
| 16 | Cerecinos | 6 | Zamora | Ibereólica | C ener Oleag | 45.300 | 7.550 | 65% |
| 17 | Tierra de Pinares | 0,12 | Valladolid | Experimental | C ener Oleag | 906 | 7.550 | 65% |
| Total | | 6,12 | | | | | | |
| GASIFICACIÓN | | | | | | | | |
| | | MWe | | | | | | |
| 18 | Cubillos del Sil | 6 | León | Top Value | Forestal | 45.300 | 7.550 | 27% |
| 19 | Segovia | 1 | Segovia | Copatoc | Forestal | 7.550 | 7.550 | 27% |
| 20 | Fuentesauco | 6 | Zamora | | Forestal | 45.300 | 7.550 | 27% |
| 21 | Toreno | 4 | León | Viloria | Forestal | 30.200 | 7.550 | 27% |
| 22 | Velilla de la sierra | 10 | Soria | Energywoods | Forestal | 75.500 | 7.550 | 27% |
| 23 | Mojados | 0,10 | Valladolid | Experimental | Forestal | 755 | 7.550 | 27% |
| Total | | 27,10 | | | | | | |
| CO-COMB C.T.C-ÓN | | | | | | | | |
| | | MWe | | | | | | |
| 24 | CTCompostilla CSil | 134,0 | León | ENDESA | Forestal | 1.011.700 | 7.550 | 38% |
| 25 | CTRobla | 65,0 | León | UNI FENOSA | Forestal | 490.750 | 7.550 | 38% |
| 26 | CTAnllares P del Sil | 36,5 | León | UNI FENOSA | Forestal | 275.575 | 7.550 | 38% |
| 27 | CTGuardo | 49,8 | Palencia | IBERDROLA | Forestal | 375.990 | 7.550 | 38% |
| Total | | 285,30 | | | | | | |

Potencia generación eléctrica BIOMASA 519,04 MWe 347 ktep/año 4.032.002 MWh/año

Biomasa como energía primaria para aplicaciones térmicas en combustión directa en forma de pellets, etc...

| | BIOMASA FORESTAL | Producc t | Promotor | BIOMASA | Provincia |
|-------|----------------------------|-----------|--------------------|---------------------|------------|
| 28 | Carrocera (M.Omaña) | 10.000 | EREN | Roble y Pino. | León |
| 29 | Toreno | 50.000 | Aprov. Ecoló, S.A. | Chopo y Pino. | León |
| 30 | Vivero Forestal Valladolid | 7.500 | Junta CyL | Cascara Piñon | Valladolid |
| 31 | Pedrajas de S. Esteban | 3.000 | Biomosas Herrero | Pino, haya y roble. | Valladolid |
| 32 | Villazopeque | 12.500 | SERPAA | Arboles y sarmiento | Burgos |
| Total | | 83.000 | | | |

IV. La Biomasa en Castilla y León

Biomasa como energía primaria producida en Castilla y León o importada de otras comunidades autónomas, u otros países en forma de aceites para la fabricación de biocombustibles para el transporte de vehículos.

| | BIODIESEL | Producc t | Promotor | BIOMASA | Provincia |
|----|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
| 33 | Cabreros del Río | 100.000 | Coope. UCOGAL- Repsol | Girasol y Colza | León |
| 34 | La Robla GF | 110.000 | GREEN FUEL | Castila y León Soja y Girasol | León |
| 35 | La Robla | 100.000 | INCOSA-TUDELA VEGUIN | Soja Girasol y Colza | León |
| 36 | Toreno | 100.000 | VECENERGY | Soja Girasol y Colza | León |
| 37 | Valdescorriel | 20.000 | BIOCAST | Soja Girasol y Colza | Zamora |
| 38 | S.Cristobal Entreviñas | 6.000 | BIOCYL | Reciclado de aceites | Zamora |
| 39 | Olmedo | 165.000 | ACOR | Girasol y Colza | Valladolid |
| | Total | 601.000 | | | |

| | BIOETANOL | Producc t | Promotor | BIOMASA | Provincia |
|----|---------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|
| 40 | Babilafuente | 200.000 | ABENGOA-EBRO | Trigo y Cebada | Salamanca |
| 41 | Barcial del Barco | 140.000 | BIOVENT-EREN | Trigo y Cebada | Zamora |
| 42 | Miranda de ebro | 175.000 | EBRO | Remolacha | Burgos |
| 43 | Villarejo de orbigo | Experimental | | | León |
| | Total | 515.000 | | | |

Para cada una de estas aplicaciones calcularemos las necesidades de superficie para la obtención de la biomasa, en los espacios existentes para cada uso dentro de la comunidad autónoma de Castilla y León, así cada una de ellas se representa por un área que abarca la superficie necesaria para cubrir las necesidades de se producción en el GIS con las siguientes transformaciones según aplicación y tipo.

Para el cálculo de las hectáreas necesarias de cada cultivo, o bosque para recuperación forestal, o cultivo energético, se extrapolan las hectáreas necesarias para aportar combustible a cada instalación, con los distintos datos encontrados en diferentes publicaciones oficiales, así de la Junta de Castilla y León del análisis provincial de superficies, rendimientos y producción en el año 2004 para el caso de utilizar como biomasa la paja de cereal.

| | Ha Trigo | t paja | ha Cebada | t paja | ha Maiz | t maíz | t/ha mpond |
|-------|-------------|-----------|--------------|-----------|------------|-----------|---------------|
| Ávila | 22.307 | 22.500 | 87.900 | 112.350 | 1.471 | - | 1,21 |

IV. La Biomasa en Castilla y León

| | | | | | | | |
|------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|------|
| Burgos | 195.944 | 271.748 | 224.387 | 268.585 | 1.495 | - | 1,28 |
| León | 31.404 | 53.187 | 29.705 | 45.488 | 65.250 | 31.320 | 1,03 |
| Palencia | 89.391 | 91.017 | 195.960 | 194.853 | 7.102 | - | 0,98 |
| Salamanca | 52.625 | 91.789 | 72.507 | 117.448 | 15.320 | - | 1,49 |
| Segovia | 50.289 | 178.733 | 133.473 | 437.845 | 224 | - | 3,35 |
| Soria | 86.003 | 387.381 | 146.761 | 585.981 | 681 | - | 4,17 |
| Valladolid | 39.887 | 114.769 | 312.518 | 705.200 | 16.378 | - | 2,22 |
| Zamora | 51.348 | 51.189 | 83.146 | 91.461 | 23.897 | 23.388 | 1,05 |
| CyL | 619.198 | 1.262.313 | 1.286.357 | 2.559.211 | 131.818 | 54.708 | 1,90 |

El Poder Calorífico Inferior PCI de la biomasa herbácea es de 3.500 kcal/kg (Ej. cardo, paja) con un 12% de humedad calculamos las necesidades de los instalaciones para estimar las necesidades de biomasa, con unas horas al año de funcionamiento y un rendimiento eléctrico que nos darán los MWh generados de energía eléctrica en su funcionamiento a lo largo del año y con un rendimiento energía eléctrica/ energía calorífica del % que se representa, y en las centrales térmicas convencionales existentes en la CCAA una co-combustión de un 10% de biomasa leñosa, que sustituiría al 10% de ktep de carbón que están consumiendo anualmente.

| Remolacha | ha | t producc | t/ha |
|------------|--------|-----------|------|
| Ávila | 3.871 | 320.441 | 82,8 |
| Burgos | 4.700 | 334.540 | 71,2 |
| León | 7.501 | 553.574 | 73,8 |
| Palencia | 6.390 | 455.186 | 71,2 |
| Salamanca | 4.748 | 387.437 | 81,6 |
| Segovia | 2.919 | 224.662 | 77,0 |
| Soria | 939 | 66.495 | 70,8 |
| Valladolid | 14.731 | 1.183.636 | 80,4 |
| Zamora | 4.321 | 336.722 | 77,9 |
| CyL | 50.120 | 3.862.693 | 77,1 |

Las plantas asociadas a termoeléctricas suponemos que funcionan con motores de combustión interna con aceite de oleaginosa y con los escapes asociados al ciclo termodinámico rankine de la instalación solar. Con un rendimiento total del 65 %.

| Oleaginosas | Secano ha | Regadío ha | kg/ha | kg/ha | t 2.004 |
|-------------|-----------|------------|-------|-------|---------|
| Girasol | 185.245 | 14.706 | 995 | 1.825 | 211.215 |

IV. La Biomasa en Castilla y León

| | | | | | |
|------------|-----|----|-------|-------|-----|
| Colza | 442 | 30 | 1.275 | 1.490 | 609 |
| Lino Oleag | 231 | 82 | 540 | 817 | 192 |
| Cáñamo | - | 43 | - | 800 | 34 |
| Cacahuete | - | 1 | - | 3.800 | 4 |
| | | | media | 1.823 | |

| | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------|--------|---------|
| Propiedad física | Palma | Cacahuete | Soja | Gasóleo |
| Viscosidad, a 38°C (cSt) | 36,8 | 41,1 | 36,8 | 2,4 |
| Número de Cetano | 38-40 | 39-41 | 36-39 | 45 |
| Contenido en agua (% en vol. máx) | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Sedimento (% en peso) | 2 | 2 | 2 | 0,05 |
| Poder calorífico, kJ/kg | 37.400 | 39.500 | 39.400 | 45.200 |
| Contenido en azufre (% peso) | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,5 |

| | | | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----|
| | t/ha vivo | kcal/kg | |
| Matorral verde (0,6m) | 4,5 | 2.850 | 40% |
| Restos de corta medios (12mm) | 37 | 3.250 | 60% |
| Media | 24 | 3.090 | |

Para la Gasificación utilizaremos los parámetros de un motor de combustión interna adaptado para estas aplicaciones:

| | |
|---------------------|--------------------------|
| PCI gas de síntesis | 5,5 MJ/m ³ |
| PCI gas de síntesis | 1,5 kWh/Nm ³ |
| PCI GN | 12,2 kWh/Nm ³ |
| Consumo Nominal | 1.000 kg/h |
| Potencia Nominal | 1.224 kW |
| Año | 8.760 h/año |
| E.E. Generada | 9.047.360 kWh/año |
| E.E. Exportada | 8.078.000 kWh/año |
| Utilización | 84,4% |
| Utilización | 7.392 h/año |
| E.Térmica Generada | 10.000 MWh/año térmicos |
| Autoconsumo | 12,0% |
| Rendimiento total | 27,5% |
| Combustible | 4.451 kWh |
| Combustible año | 32.899.491 kWh/año |
| Biomasa | 7.391,6 t/año |
| Cenizas | 10% |
| Cenizas | 739,2 t/año |
| Corteza pino | 0,9 kWh/kg |
| Corteza pino | 1.360 kg /h |

IV. La Biomasa en Castilla y León

| | |
|--------------|--------------|
| Corteza pino | 11.914 t/año |
|--------------|--------------|

| | Carbón | Papel E.Chips | Cardo | Corteza pino | GN |
|-------------------------|--------|---------------|-------|--------------|--------|
| PCI (kcal/kg) | 4.621 | 3.420 | 3.840 | 4.476 | 10.500 |
| PCI (kWh/kg) | 5,37 | 3,98 | 4,47 | 5,20 | 12,21 |
| Rendim Gasificac kWh/kg | | | | 17% | |
| Cenizas | 13,3 | 13% | 9,9% | 2,9% | 0% |
| CO (%) | 9,6 | 15,3 | 11,8 | 0,15 | - |
| CO2 (%) | 11,7 | 14 | 14,8 | 0,09 | 0,89 |
| H2 (%) | 9,35 | 11,3 | 10,3 | 14,5 | - |
| CH4 (%) | 0,74 | 4,3 | 4,6 | 0,01 | 81,29 |
| C2Hy (%) | 0 | 0,2 | 0,8 | | - |
| NH3 (ppm) | 1360 | 610 | 2330 | | - |
| Densidad | 1,15 | 1,15 | 1,15 | | 0,833 |
| HHV (MJ/m3) | 2,7 | 5,2 | 5,1 | 5,5 | 35,1 |

Considerando la media de los poderes caloríficos en base húmeda y en base seca de una mezcla por igual de los distintos tipos de biomasa leñosa en un porcentaje de 80% en base húmeda y 20% en base seca:

| Laboratorio Larecom - Junta Castilla y León | | | | | | |
|---|--------------|-------------|---------------|-------------|-----------------|-------------|
| | Astilla Pino | | Astilla Chopo | | Astilla Rebollo | |
| Biomasa | Base seca | Base Humeda | Base seca | Base Humeda | Base seca | Base Humeda |
| PCI (kcal/kg) | 4.550 | 4.097 | 4.317 | 1.925 | 4.193 | 2.225 |
| | 20% | 80% | 20% | 80% | 20% | 80% |
| | Media | 3.070 | kcal/kg | | | |

Para el caso de los biocombustibles utilizamos unos rendimientos:

| | Producci t/ha | Rend etanol kg/l | Producc etanol l/ha | t etanol/ka |
|-------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------|
| Remolacaha | 60 | 10 | 6.000 | 6,00 |
| Trigo | 2,5 | 2,8 | 893 | 0,89 |
| Maíz | 10 | 2,7 | 3.704 | 3,70 |
| Pataca | 65 | 12 | 5.417 | 5,42 |
| Sorgo azucarero | 90 | 18 | 5.000 | 5,00 |
| Cebada | 90 | 18 | 5.000 | 5,00 |
| | | | | |
| Producción de Biodiesel | Semilla t/ha | Rendimiento biodiesel t/ha | Producción biodiesel l/ha | t biosiesel/ka |
| Colza | 2,80 | 1,20 | 1.400 | 1,40 |
| Girasol | 1,50 | 0,60 | 682 | 0,68 |

IV.3.1 Instalaciones de Combustión

| nº | COMBUSTIÓN | kWh/kg | t/año | t/ha | ha/año |
|-----|-----------------------|--------|---------|------|---------|
| 1 | Briviesca | 3,1 | 101.255 | 1,28 | 79.048 |
| 2 | Valencia D. Juan | 3,1 | 158.212 | 1,03 | 153.786 |
| 3 | Almazán | | | | |
| 3.1 | | 3,1 | 47.463 | 4,17 | 11.383 |
| 3.2 | | 4,6 | 22.710 | 42 | 541 |
| 3.3 | | 3,6 | 12.523 | 30 | 417 |
| 4 | San Miguel del Arroyo | 3,6 | 83.486 | 30 | 2.783 |
| 5 | Carrocera | 3,6 | 83.486 | 30 | 2.783 |
| 6 | Osorno | 3,1 | 240.481 | 1,90 | 126.399 |
| 7 | Valencia D. Juan | 4,6 | 108.145 | 42 | 2.575 |
| 8 | Mansilla | 3,6 | 55.657 | 30 | 1.855 |
| 9 | Cubillos del Sil | 3,6 | 55.657 | 30 | 1.855 |
| 10 | Villadiego | 3,6 | 33.394 | 30 | 1.113 |
| 11 | Burgos | 3,6 | 55.657 | 30 | 1.855 |
| 12 | Peñafiel | 2,0 | 11.921 | 71 | 167 |
| 13 | Soria | 3,6 | 55.657 | 30 | 1.855 |
| 14 | Tierra de Pinares | 4,6 | 519 | 4 | 130 |
| 15 | Soria | 5,4 | 15.584 | - | - |

En base al Sistema de información Geográfico creado, hemos calculado las áreas de influencia de cada una de estas actuaciones.

Para la actuación 15 no hemos realizado esta selección, puesto que es una planta que se va a nutrir con residuos. Para el resto de actuaciones, podemos evaluar sus áreas de influencia en:

1. Briviesca

Son seleccionadas 79.048 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

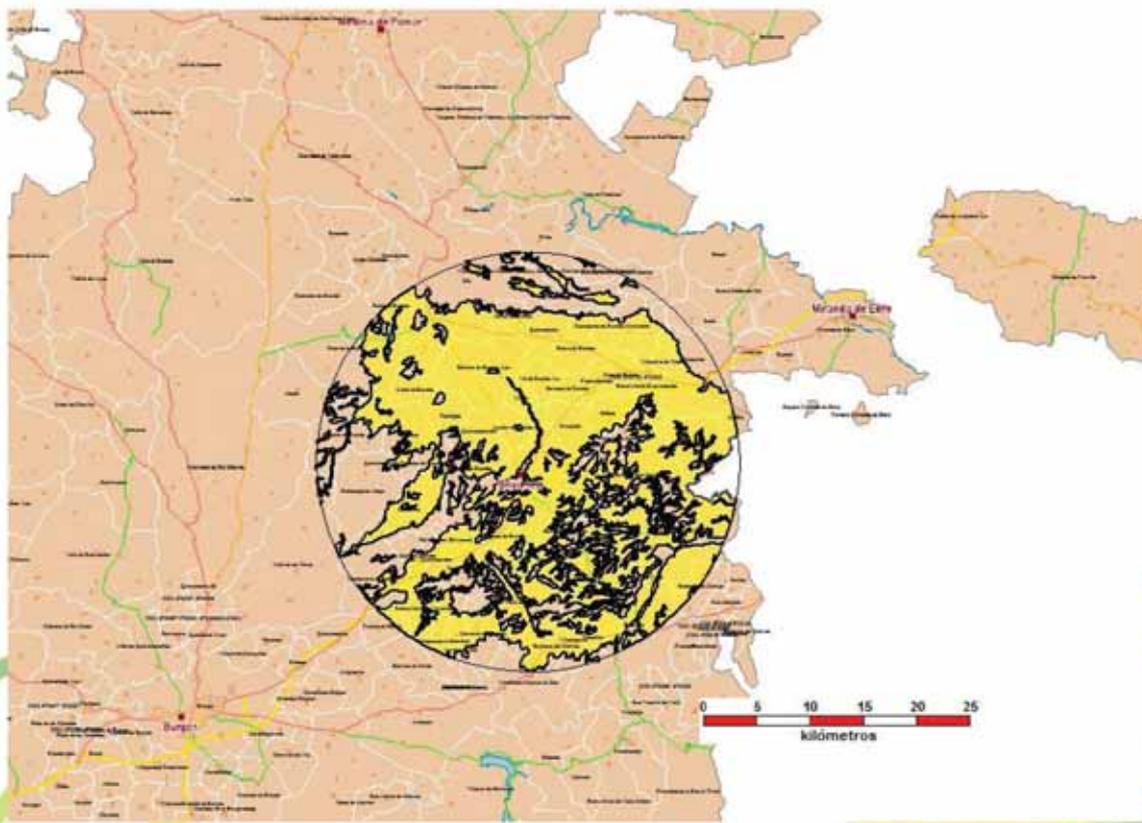


Figura 34. Planta de Combustión en Briviesca

2. Valencia de Don Juan

Son seleccionadas 153.786 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

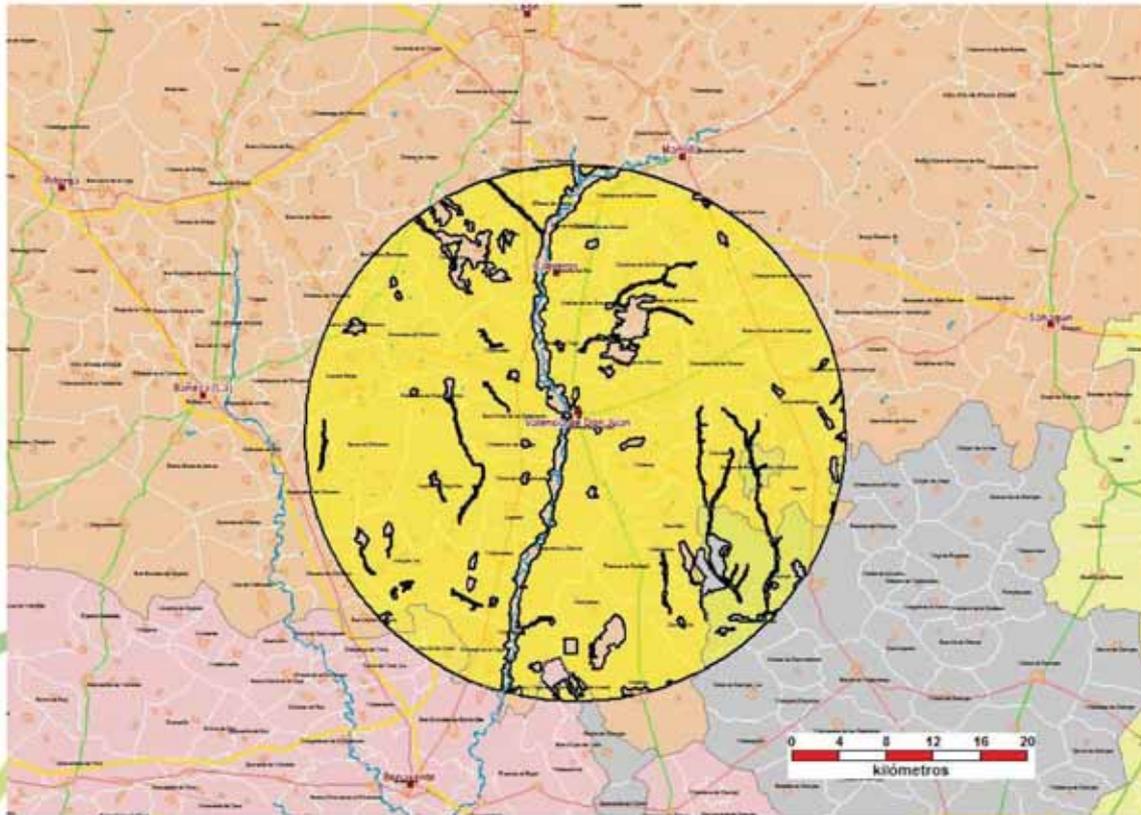


Figura 35. Planta Combustión en Valencia de Don Juan

3. Almazán

Esta actuación se corresponde con tres áreas diferentes. Para la primera son seleccionadas 11.383 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

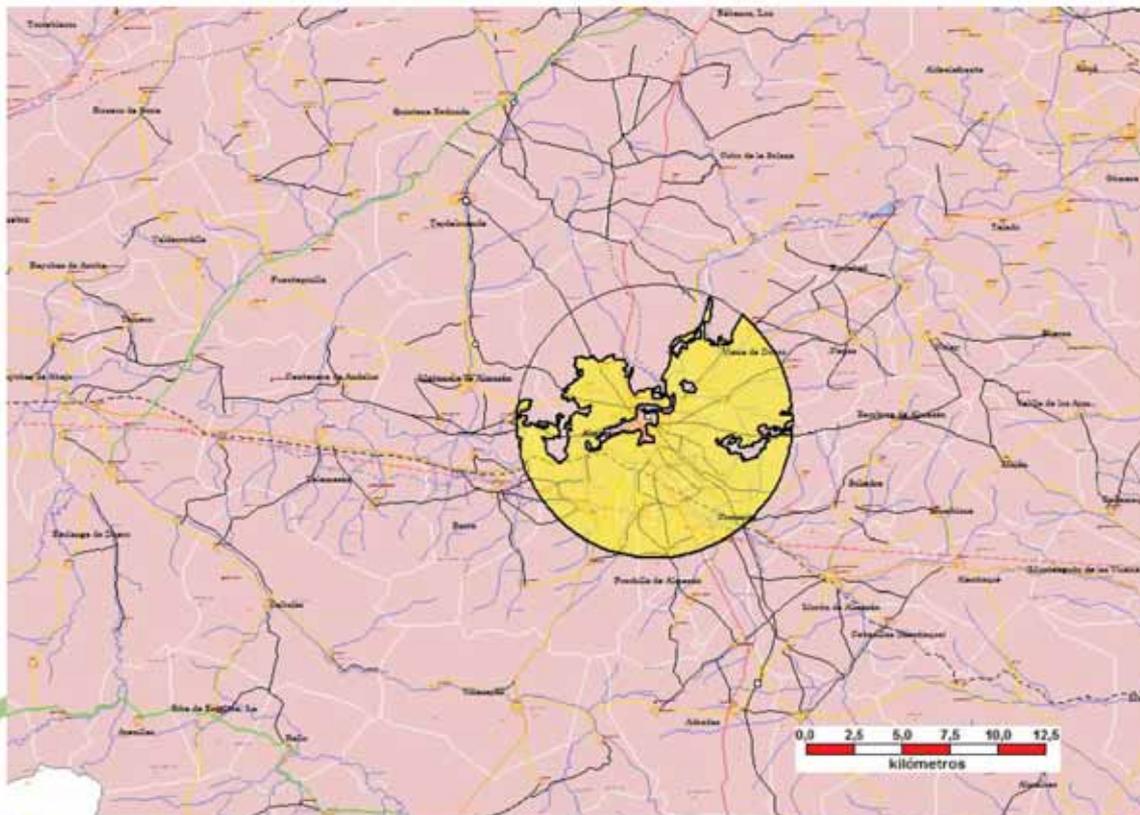


Figura 36. Planta Combustión en Almazán. Paja

La segunda actuación se basa en cultivos energéticos y chopo. Se seleccionan 541 ha de este tipo:

- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera

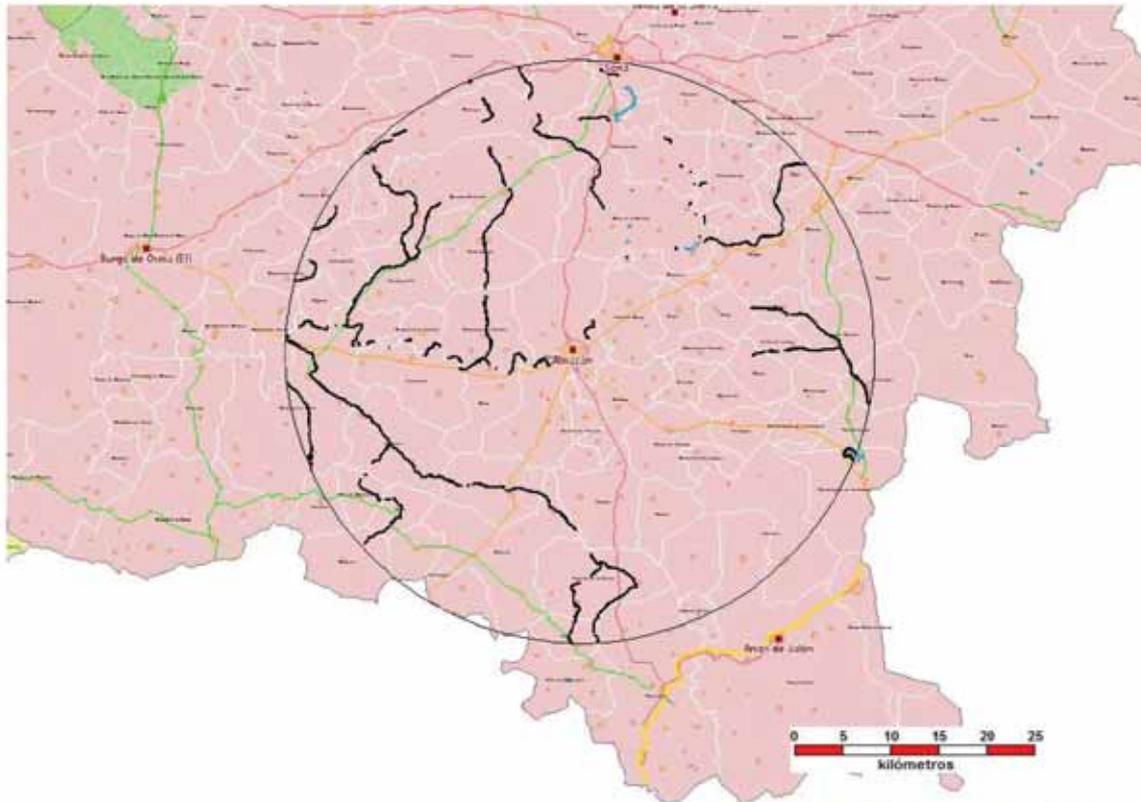


Figura 37. Planta Combustión en Almazán. Chopo

La tercera actuación se basa en masa forestal. Se seleccionan 417 ha de:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorral
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

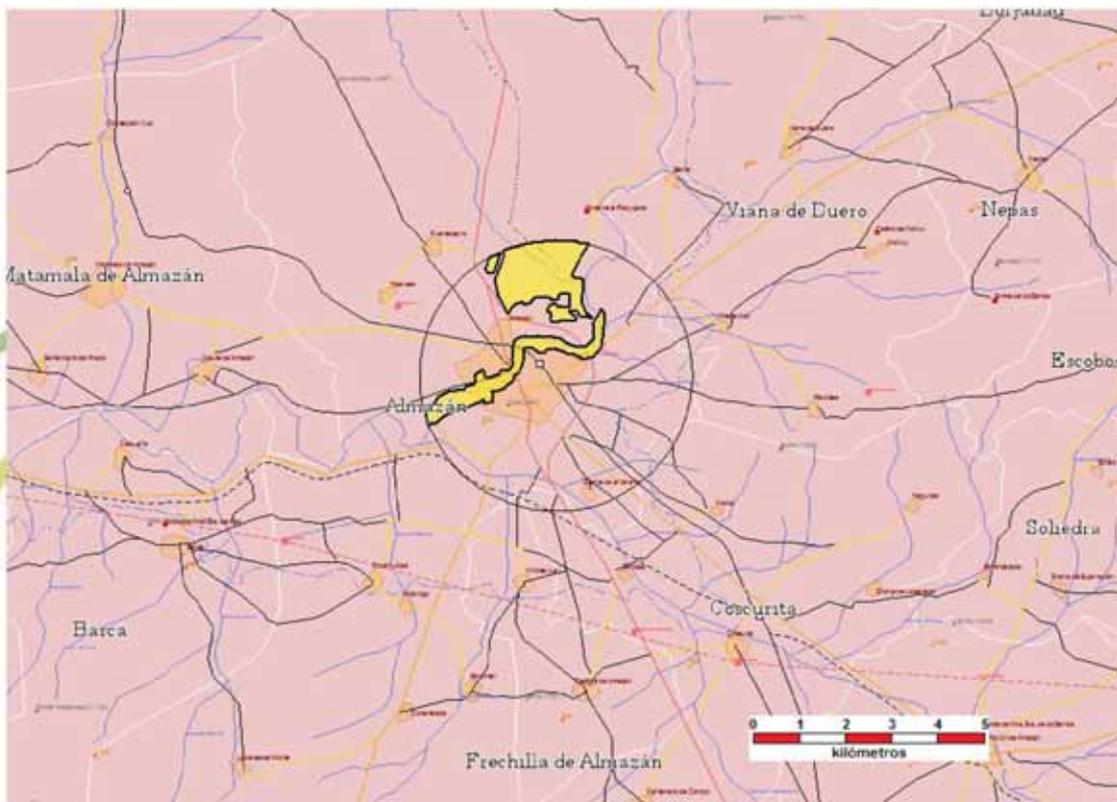


Figura 38. Planta Combustión en Almazán. Forestal

4. San Miguel del Arroyo

Son seleccionadas 2.783 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

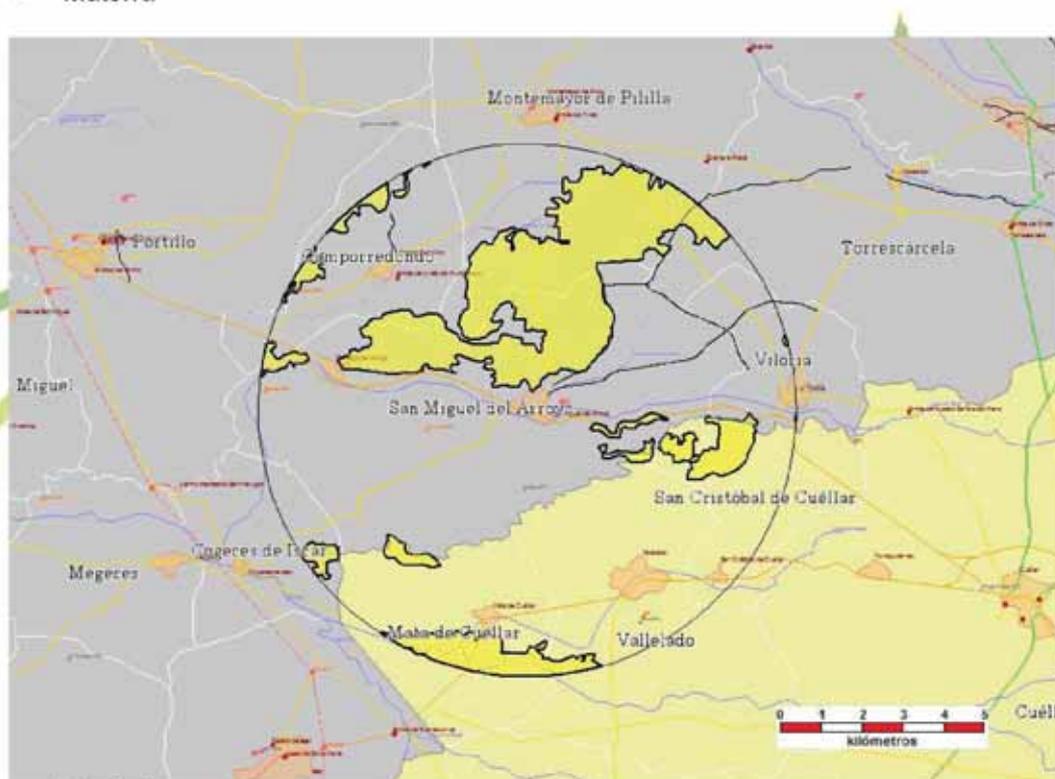


Figura 39. Planta Combustión en San Miguel del Arroyo

5. Carrocera

Son seleccionadas 2.783 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorral
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

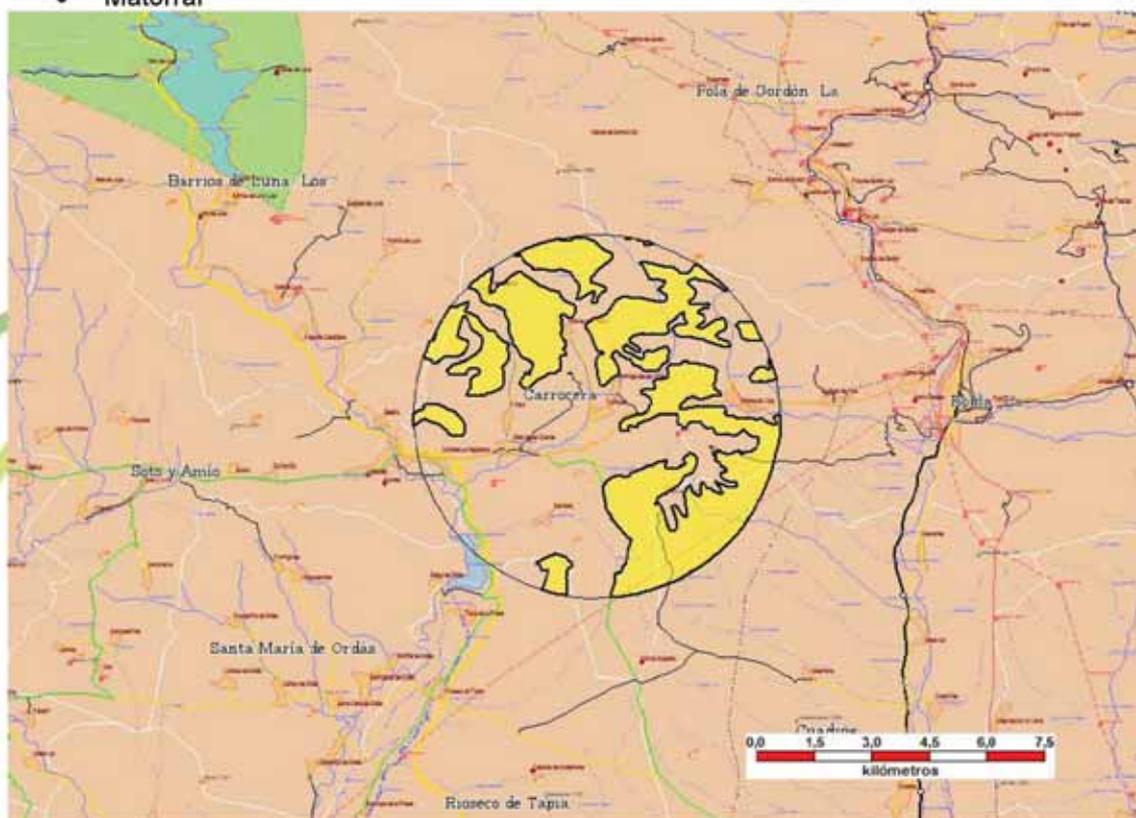


Figura 40. Planta Combustión en Carrocera

6. Osorno

Son seleccionadas 126.399 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

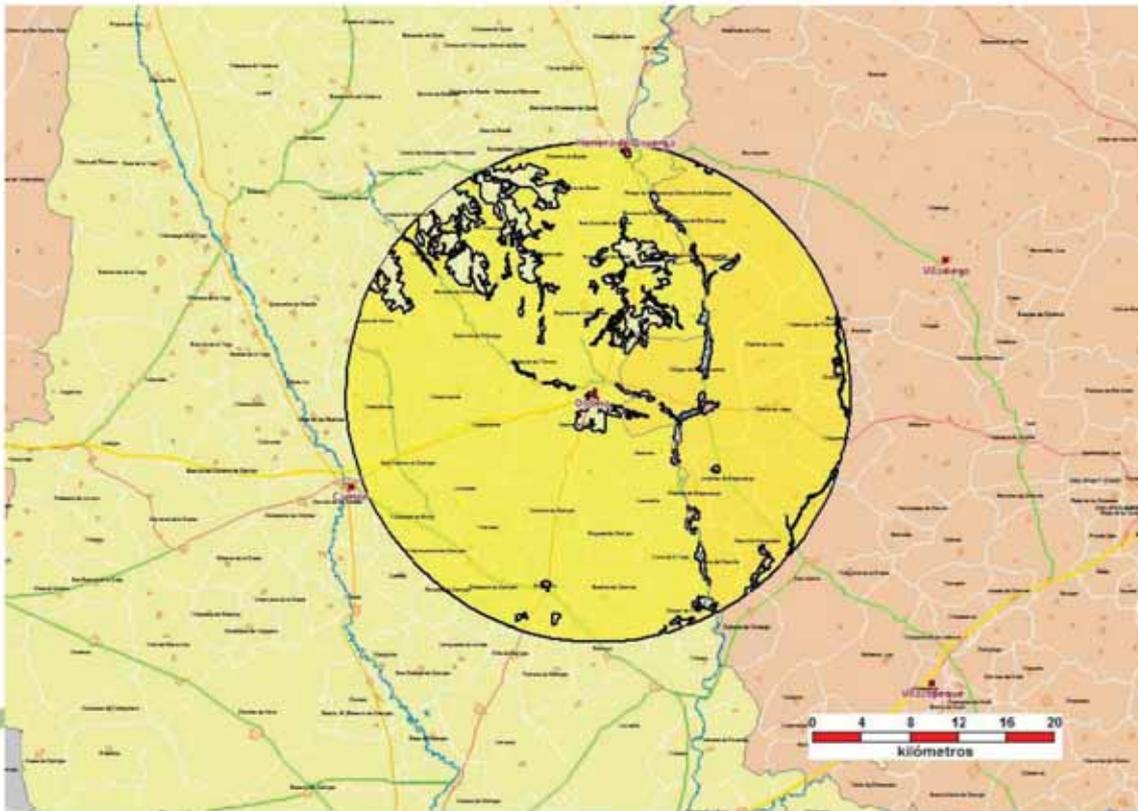


Figura 41. Planta Combustión en Osorno

7. Valencia de Don Juan

Son seleccionadas 2.575 ha con este tipo de campos:

- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera

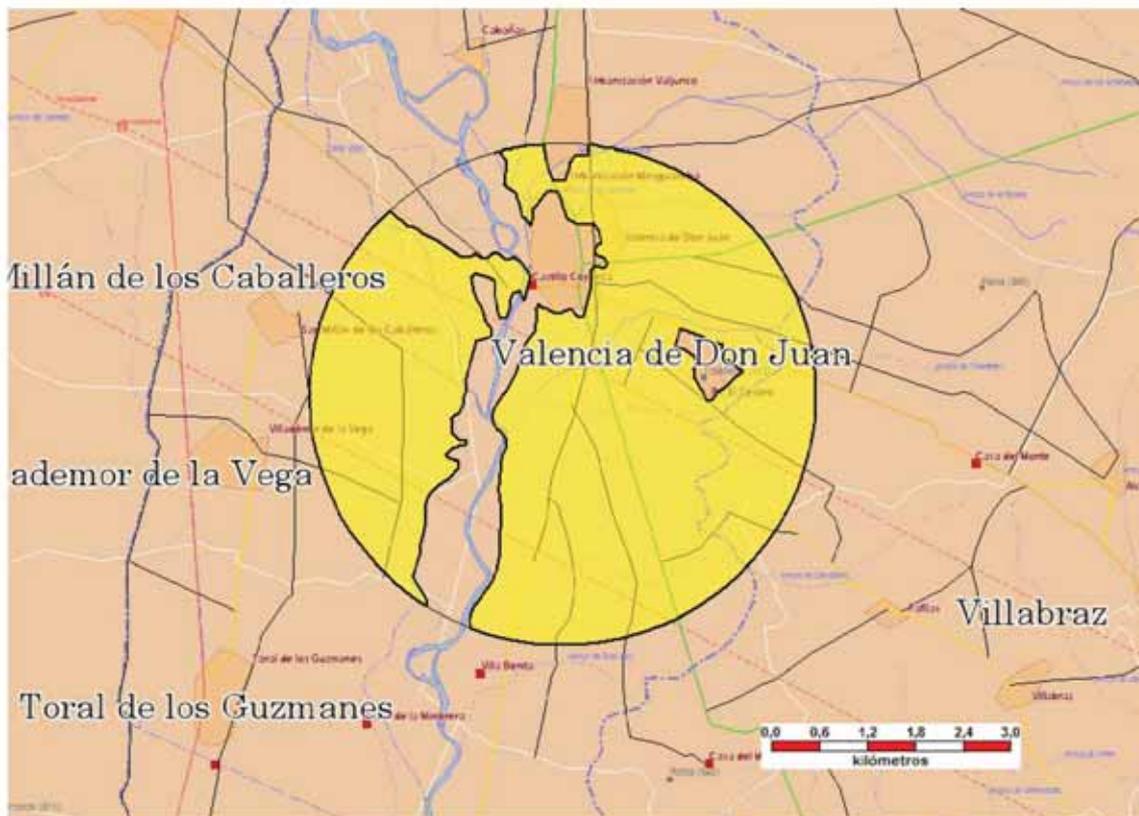


Figura 42. Planta Combustión en Valencia de Don Juan

8. Mansilla de las Mulas

Son seleccionadas 1.855 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

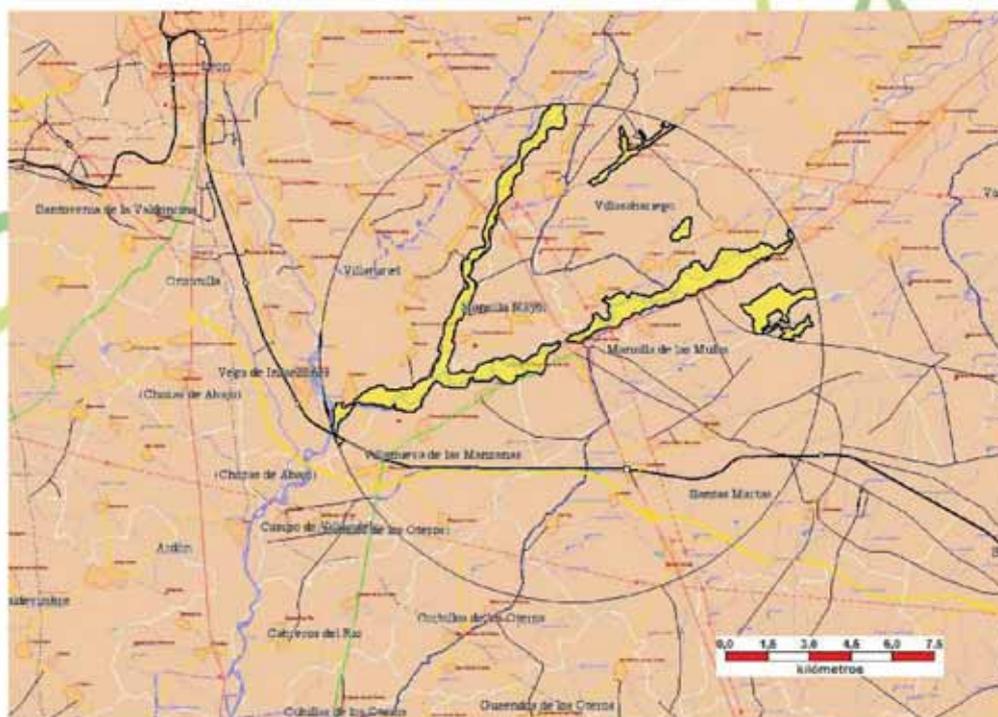


Figura 43. Planta Combustión en Mansilla de las Mulas

9. Cubillos del Sil

Son seleccionadas 1.855 ha con este tipo de campos:.

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

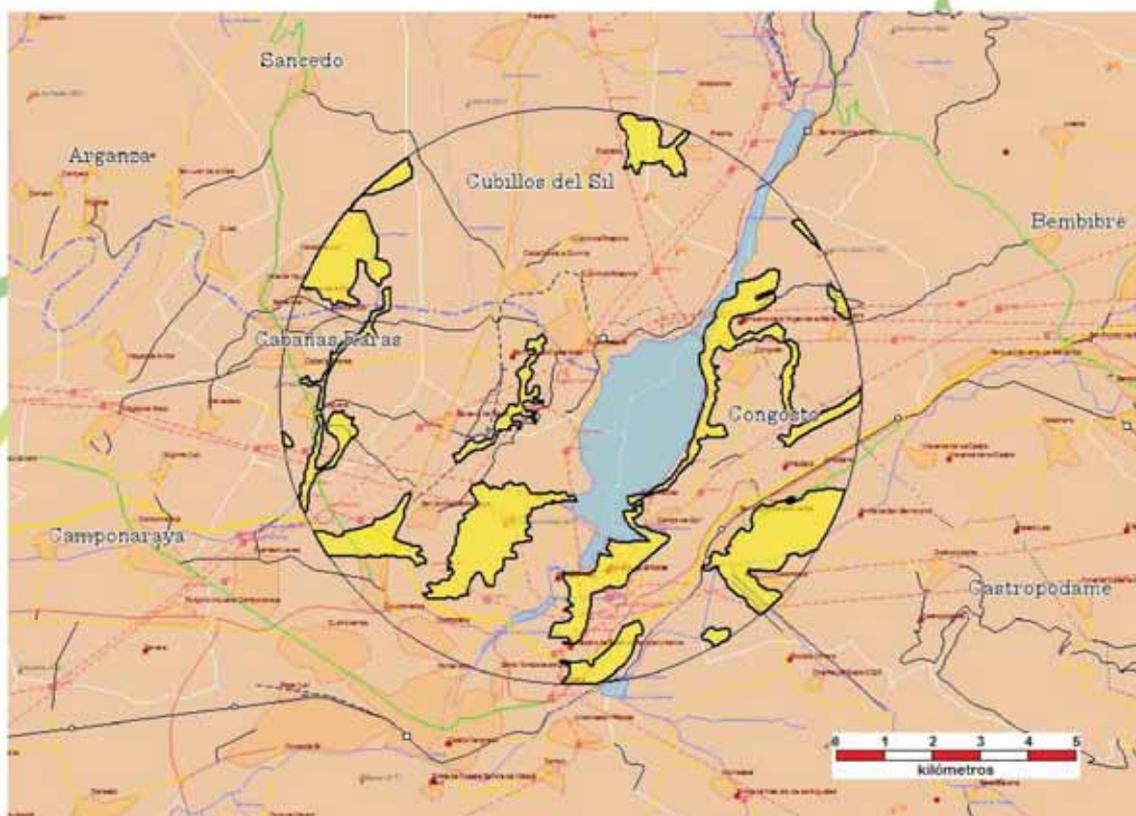


Figura 44. Planta Combustión en Cubillos del Sil

10. Villadiego

Son seleccionadas 1.113 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercíneas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quercíneas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercíneas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

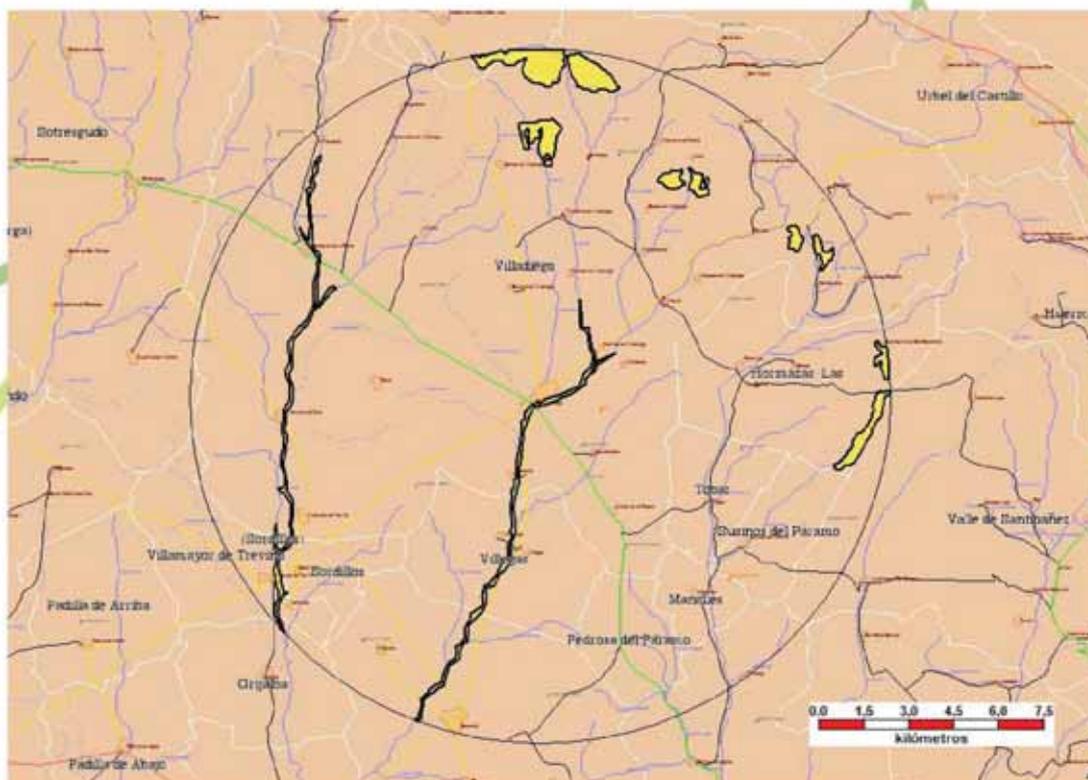


Figura 45. Planta Combustión en Villadiego

11. Burgos

Son seleccionadas 1.855 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercíneas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecíneas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercíneas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

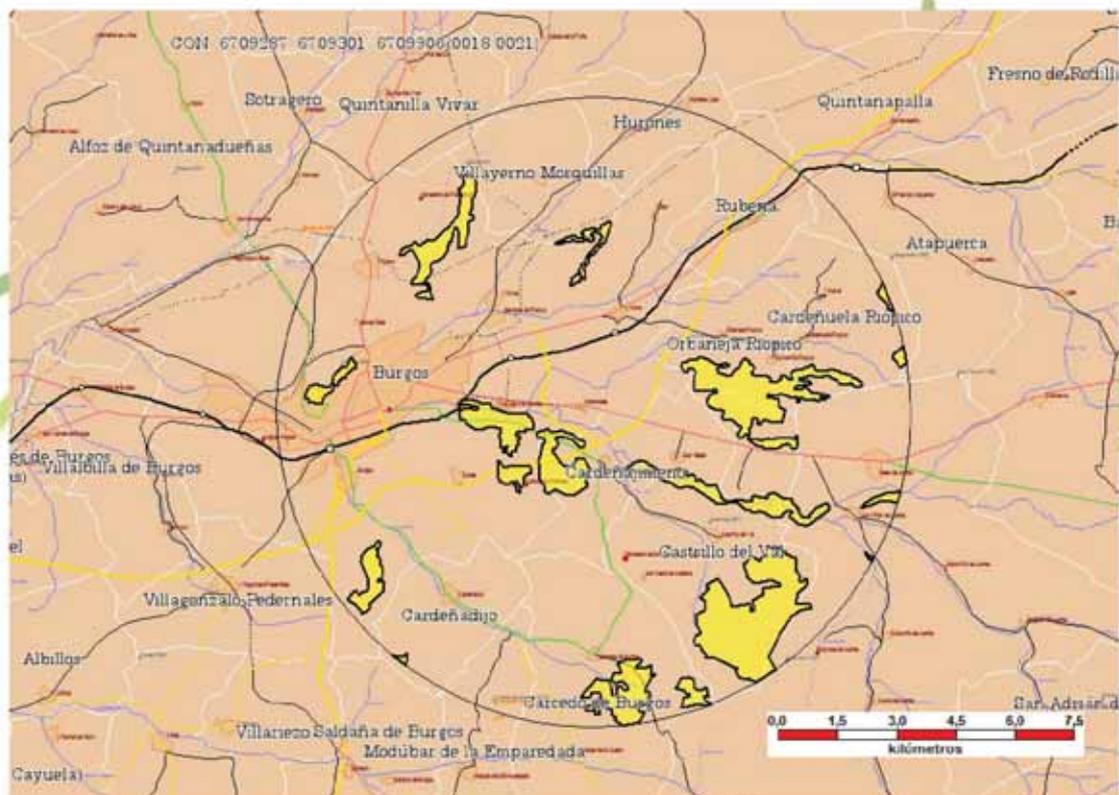


Figura 46. Planta Combustión en Burgos

12. Peñafiel

Son seleccionadas 167 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

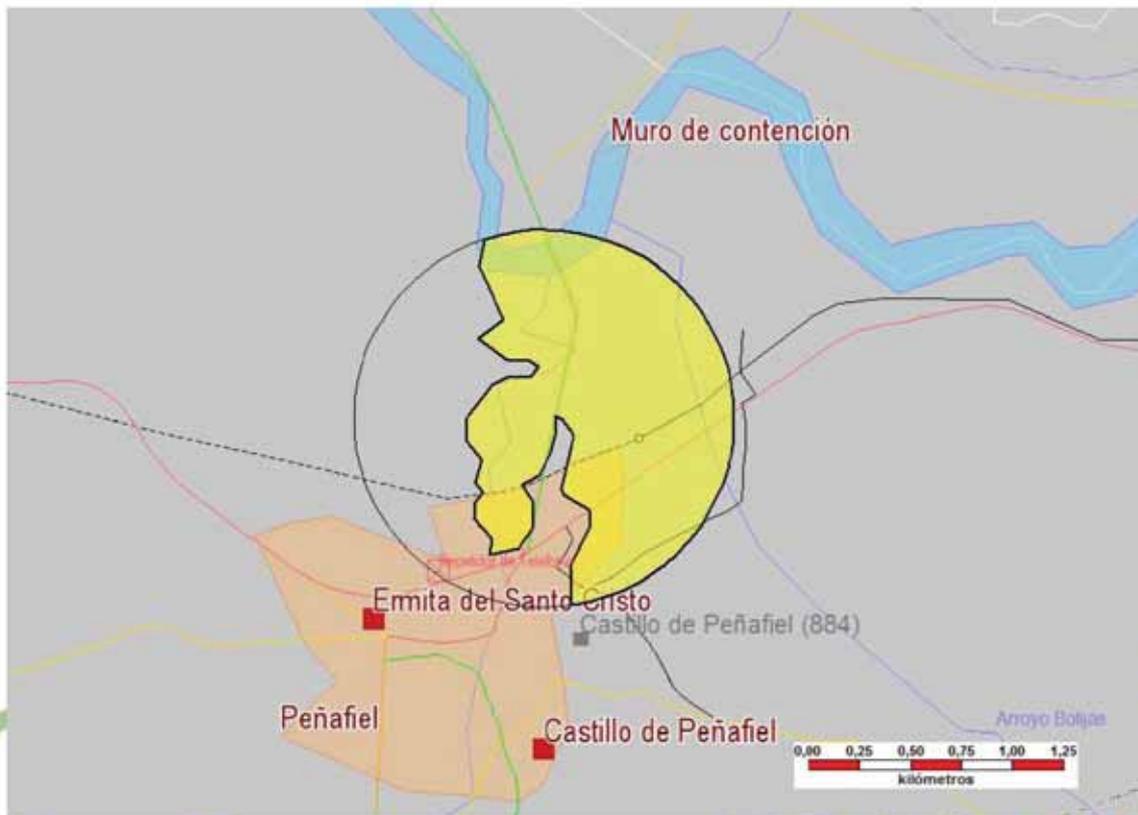


Figura 47. Planta Combustión Peñafiel

13. Soria

Son seleccionadas 1.855 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercíneas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecíneas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercíneas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

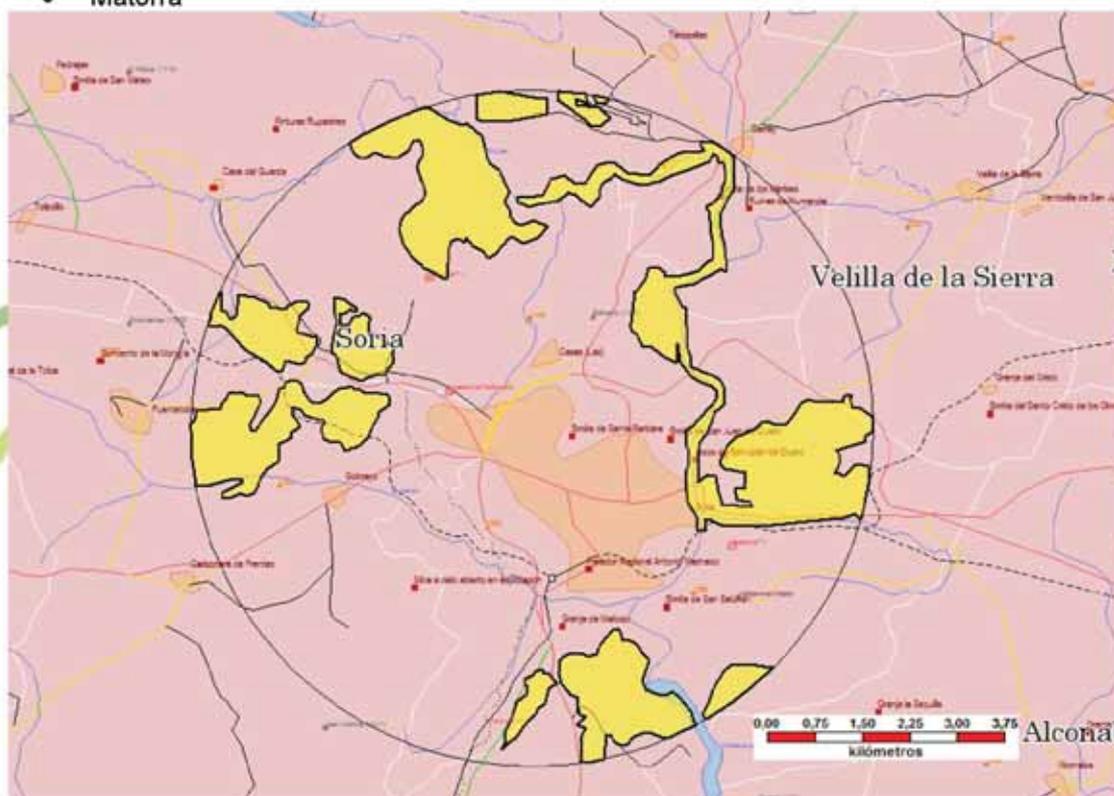


Figura 48. Planta Combustión Soria

14. Tierra de Pinares

Son seleccionadas 130 ha con este tipo de campos:

- Piñones

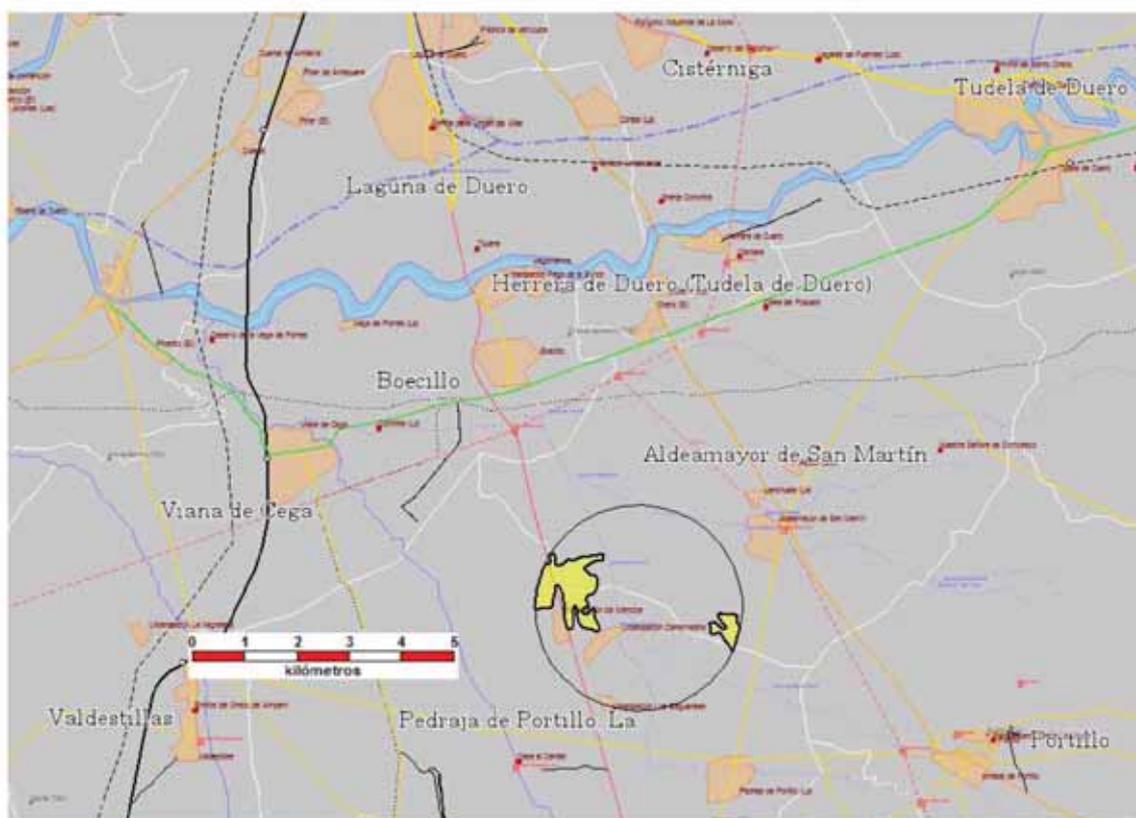


Figura 49. Tierra de Pinares

IV.3.2 Instalaciones asociadas de Termoeléctricas

| ASOCIADA TERMOELECTRICA | | | | | |
|-------------------------|-------------------|-----|--------|-----|-------|
| 16 | Cerecinos | 5,0 | 13.938 | 1,4 | 9.956 |
| 17 | Tierra de Pinares | 5,0 | 279 | 1,4 | 199 |

En base al Sistema de información Geográfico creado, hemos calculado las áreas de influencia de cada una de estas actuaciones.

16. Cerecinos

Son seleccionadas 9.956 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle



Figura 50. Instalación asociada a Termoelectricidad en Cerecinos

17. Tierra de Pinares

Son seleccionadas 199 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

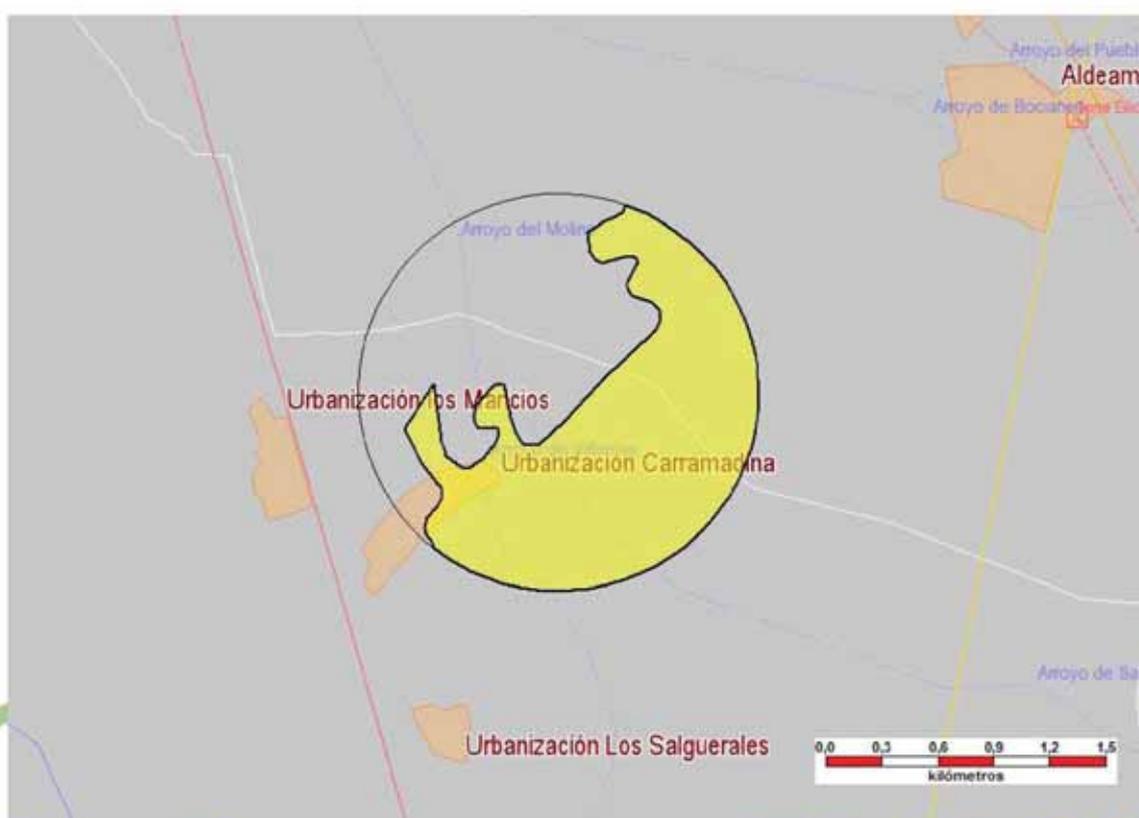


Figura 51. Insatallaciones asociadas a termoelectrica en Tierra de Pinares

IV.3.3 Instalaciones de Gasificación

| | GASIFICACIÓN | kWh/kg | t/año | t/ha | ha |
|----|----------------------|--------|--------|------|-------|
| 18 | Cubillos del Sil | 0,9 | 50.333 | 24 | 2.097 |
| 19 | Segovia | 0,9 | 8.389 | 24 | 350 |
| 20 | Fuentesauco | 0,9 | 50.333 | 24 | 2.097 |
| 21 | Toreno | 0,9 | 33.556 | 24 | 1.398 |
| 22 | Velilla de la sierra | 0,9 | 83.889 | 24 | 3.495 |
| 23 | Mojados | 0,9 | 839 | 24 | 35 |

En base al Sistema de información Geográfico creado, hemos calculado las áreas de influencia de cada una de estas actuaciones.

18. Cubillos del Sil

Son seleccionadas 2.097 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

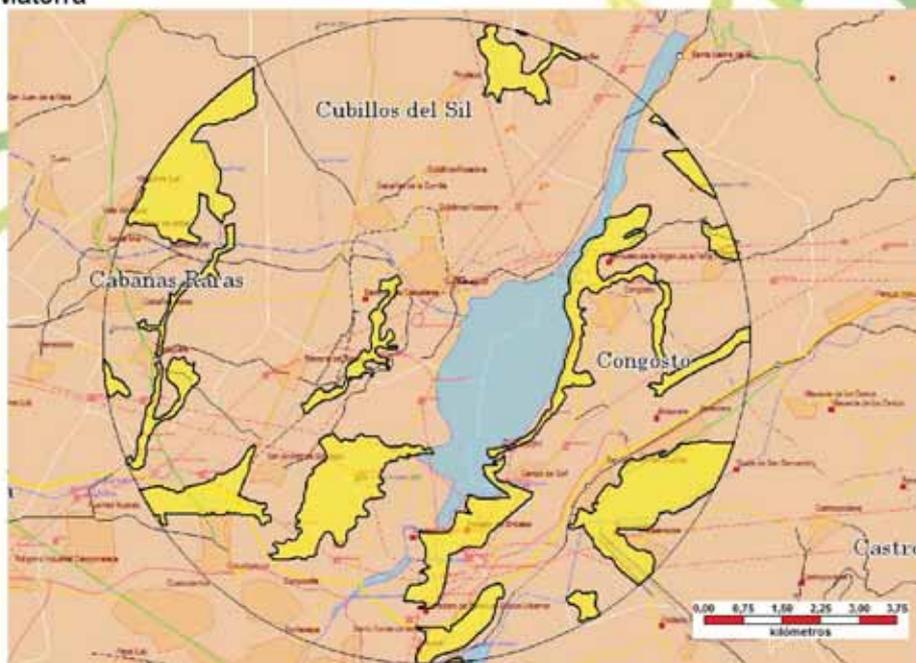


Figura 52. Instalación de Gasificación en Cubillos del Sil

19. Segovia

Son seleccionadas 350 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercíneas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quercíneas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercíneas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*



Figura 53. Instalación de Gasificación en Segovia

21. Toreno

Son seleccionadas 1.398 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

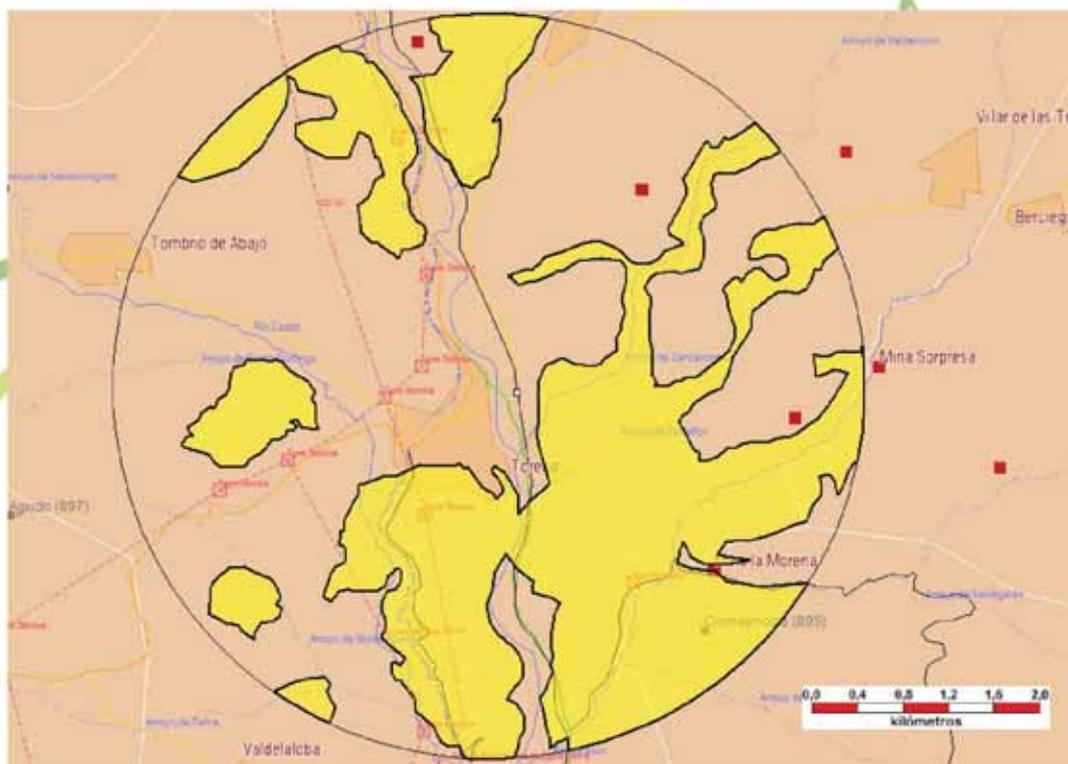


Figura 55. Instalación de Gasificación en Toreno

22. Velilla de la Sierra

Son seleccionadas 3.495 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercíneas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecíneas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercíneas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

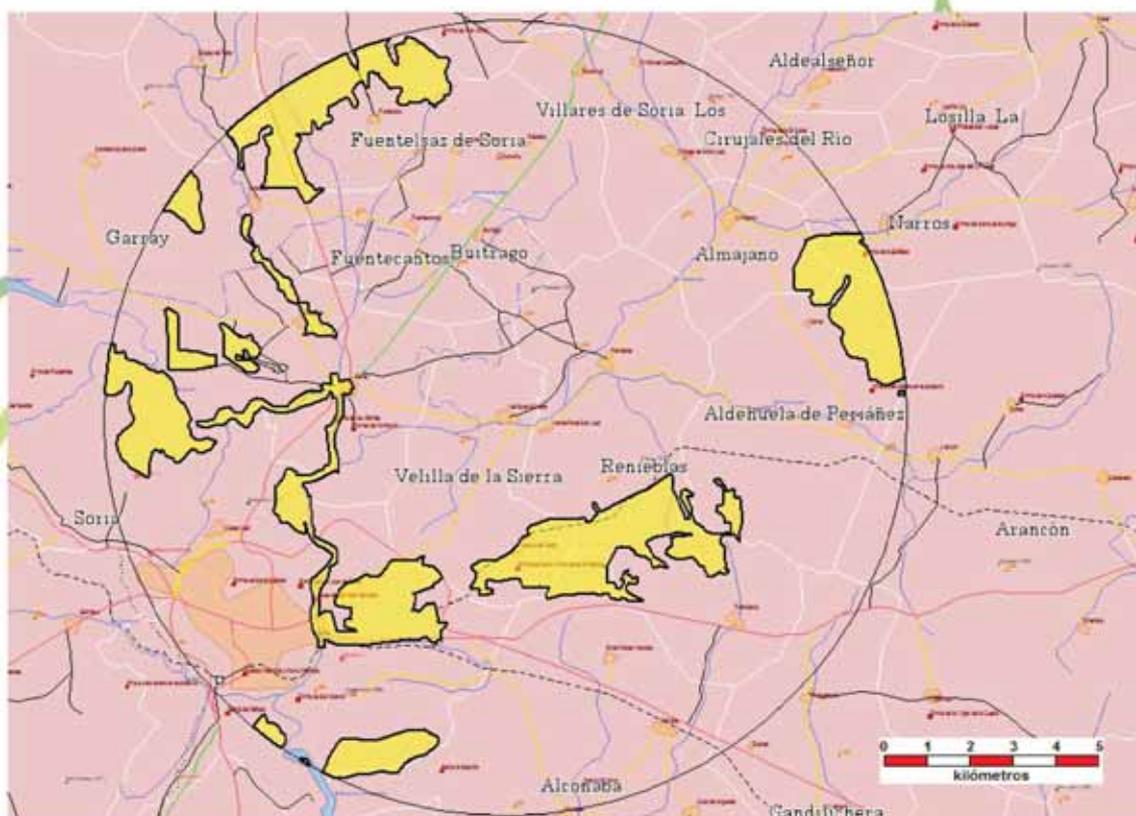


Figura 56. Instalación de Gasificación en Velilla de la Sierra

23. Mojados

Son seleccionadas 35 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

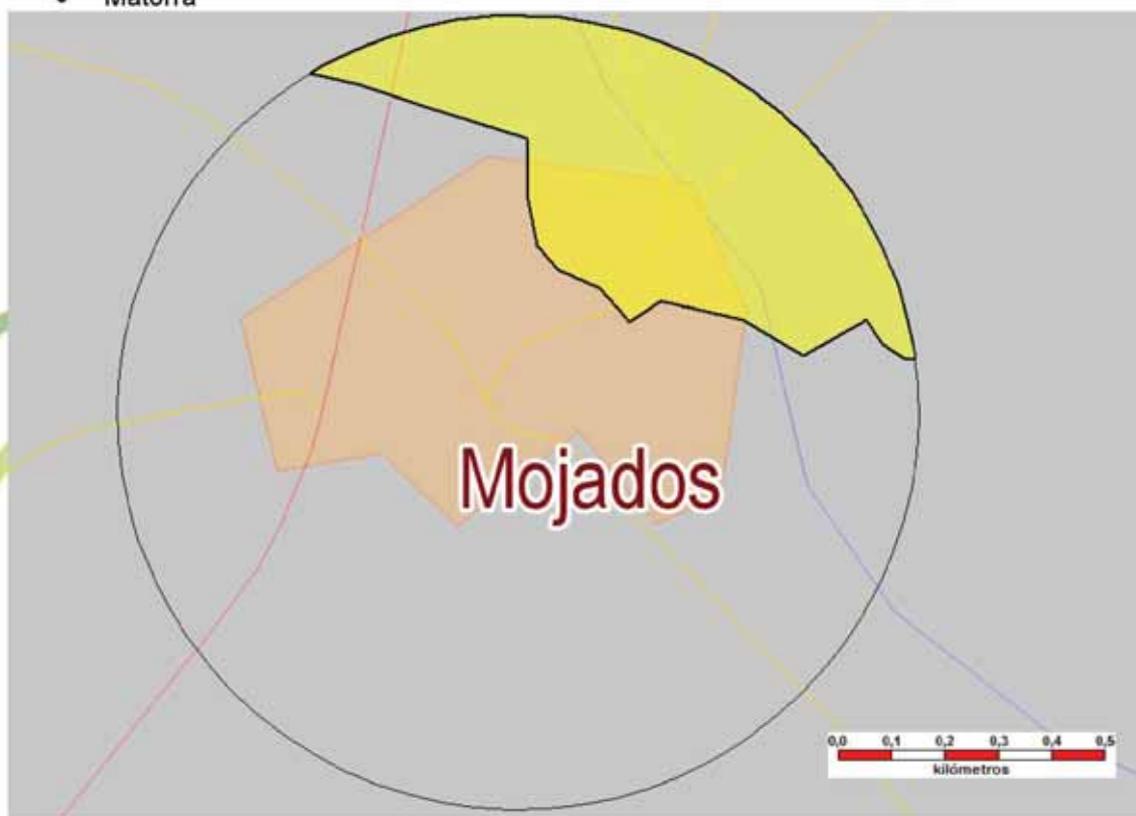


Figura 57. Instalación de Gasificación en Mojados

IV.3.4 Instalaciones de Co-Combustión en Centrales Térmicas de Carbón

| CO-COMB C.T. CARBÓN | | | | | |
|---------------------|----------------------|-----|---------|----|-------|
| 24 | CTCompostilla CSil | 4,6 | 220.269 | 42 | 5.244 |
| 25 | CTRobla | 4,6 | 106.847 | 42 | 2.544 |
| 26 | CTAnllares P del Sil | 4,6 | 59.999 | 42 | 1.429 |
| 27 | CTGuardo | 4,6 | 81.861 | 42 | 1.949 |

24. CT Compostilla – Cubillos del Sil

Son seleccionadas 5.244 ha con este tipo de campos:

- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera

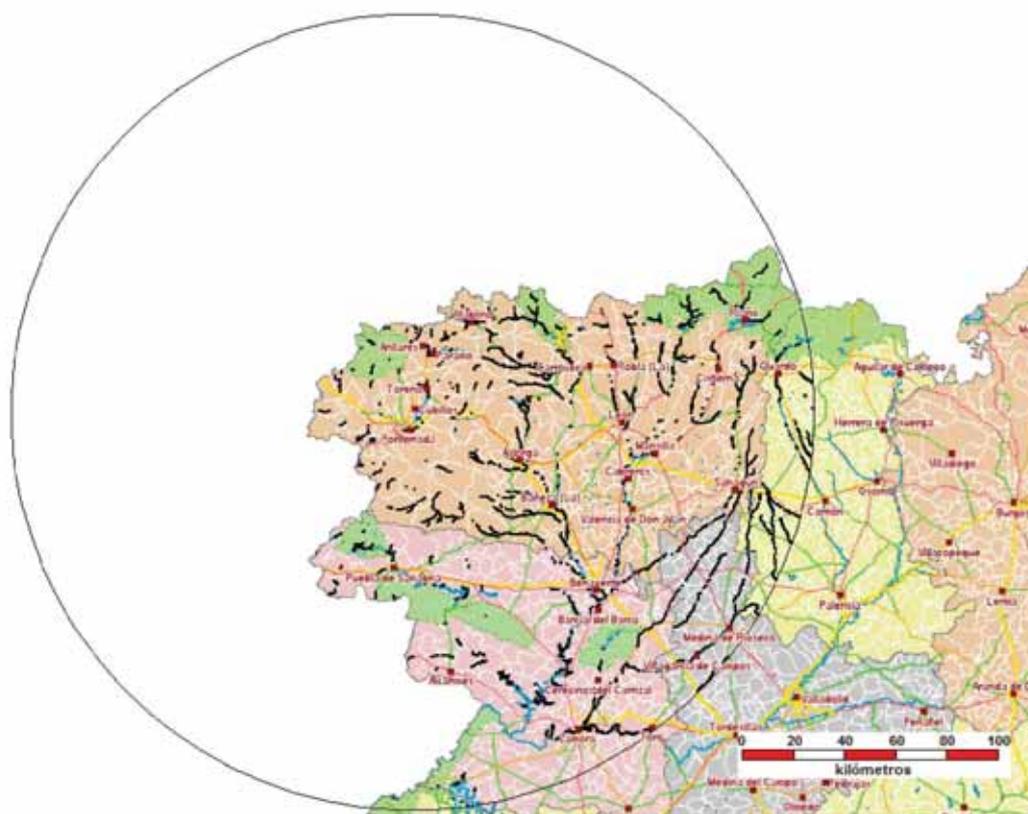


Figura 58. Instalación de Co-Combustión asociada a la CT Compostilla

25. CT La Robla

Son seleccionadas 2.544 ha con este tipo de campos:

- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera

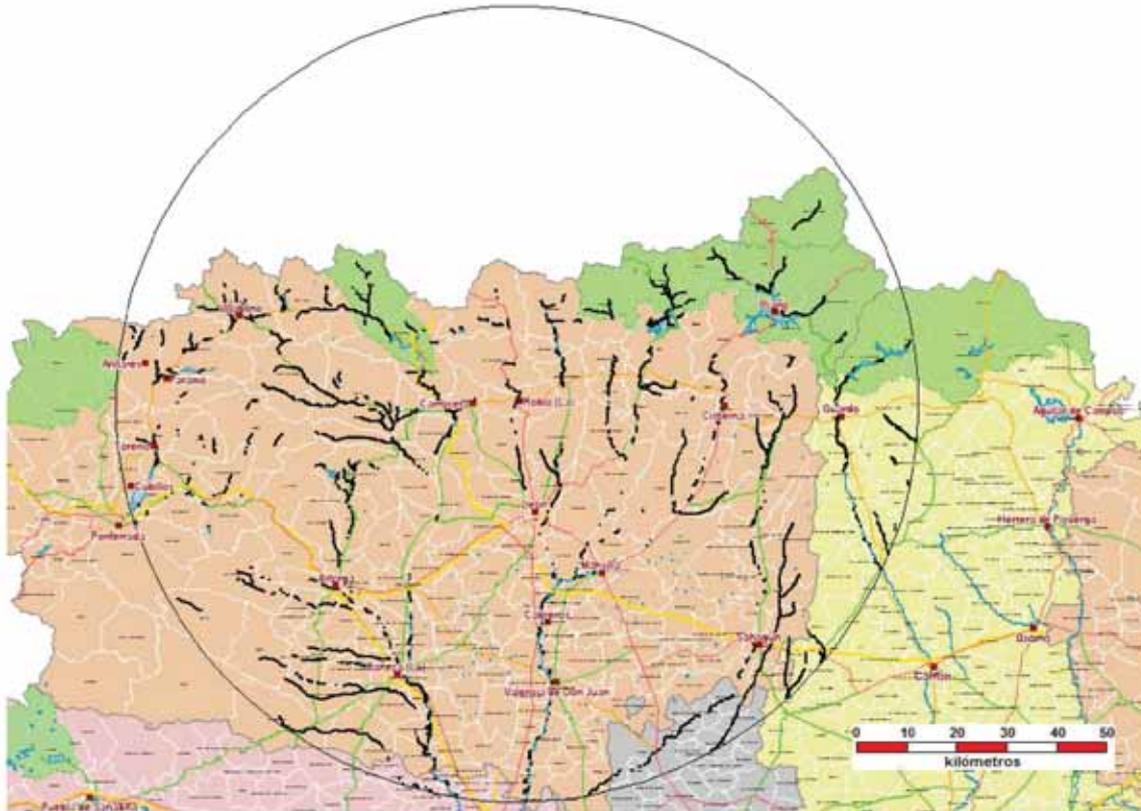


Figura 59. Instalación de Co-Combustión asociada a la CT La Robla

26. CT Anllares – Páramos del Sil

Son seleccionadas 1.429 ha con este tipo de campos:

- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera

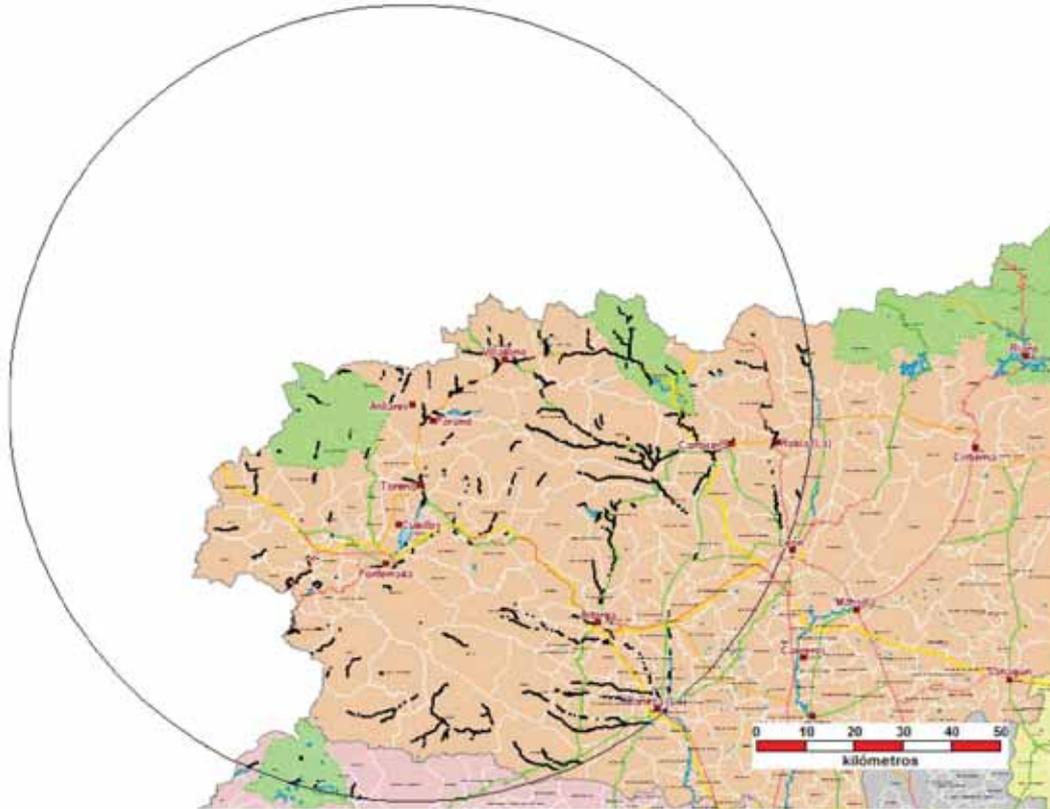


Figura 60. Instalación de Co-Combustión asociada a la CT Anllares

27. CT Guardo

Son seleccionadas 1.949 ha con este tipo de campos:

- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera

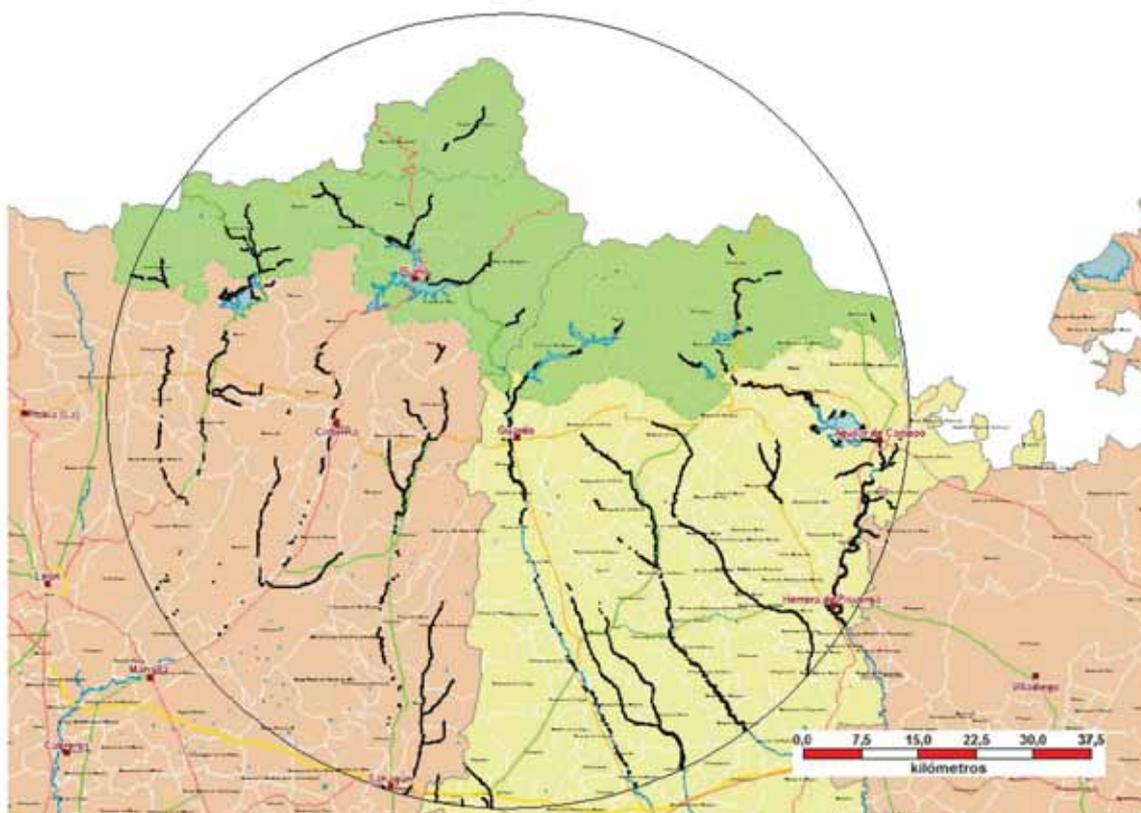


Figura 61. Instalación de Co-Combustión asociada a la CT Guardo

IV.3.5 Instalaciones de Biomasa Forestal

| BIOMASA FORESTAL | t/año | Ubicación | Promotor | Tipo de Biomasa | t/ha | ha |
|-----------------------------|--------|----------------------------|--------------------|---------------------|------|-------|
| 28 Fabrica Pellets | 10.000 | Carrocera (M.Omaña) | EREN | Roble y Pino. | 30 | 333 |
| 29 Tritu y Clas. B.Forestal | 50.000 | Torenó | Aprov. Ecoló, S.A. | Chopo y Pino. | 30 | 1.667 |
| 30 Fabrica Pellets | 7.500 | Vivero Forestal Valladolid | Junta CyL | Cascara Piñon | 30 | 250 |
| 31 Fabrica Pellets | 3.000 | Pedrajas de S. Esteban | Biomásas Herrero | Pino, haya y roble. | 30 | 100 |
| 32 Fabrica Pellets | 12.500 | Villazopeque | SERPAA | Arboles y sarmiento | 30 | 417 |
| | 83.000 | | | | | |

28. Carrocera

Son seleccionadas 333 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

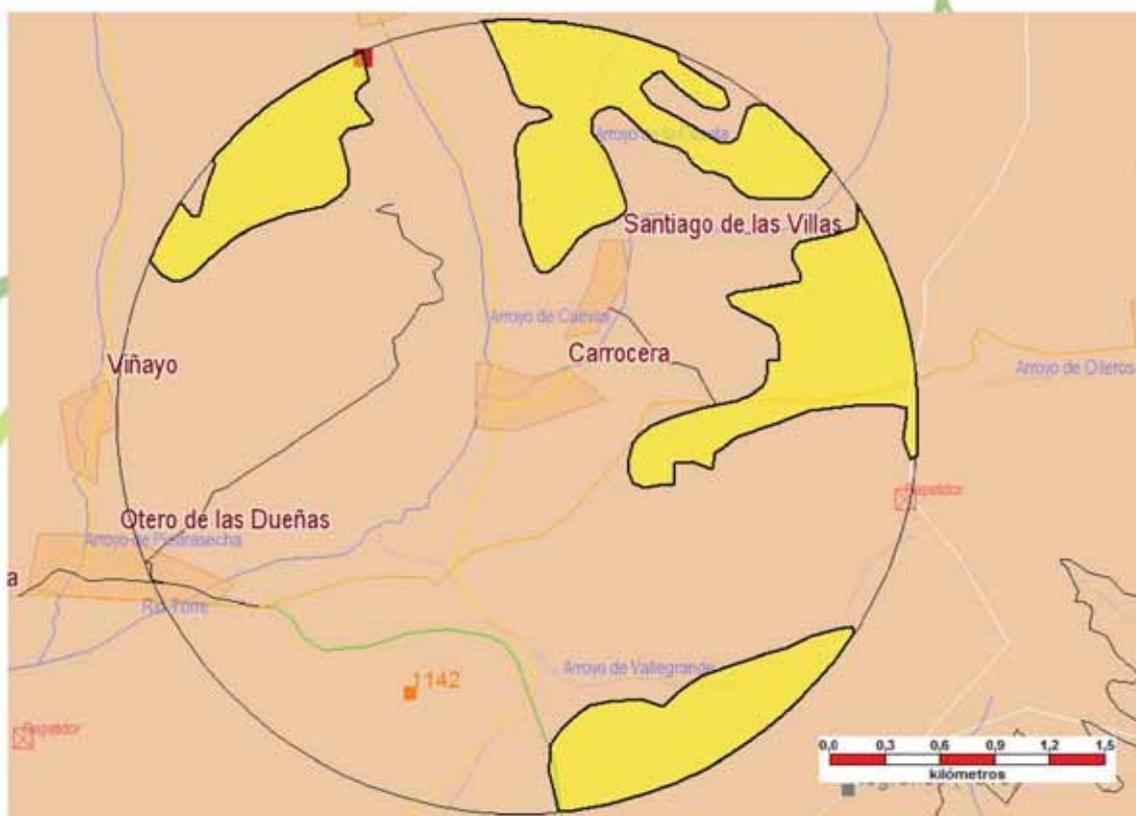


Figura 62. Instalación de Biomasa Forestal en Carrocera

29. Toreno

Son seleccionadas 1.667 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercíneas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecíneas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercíneas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

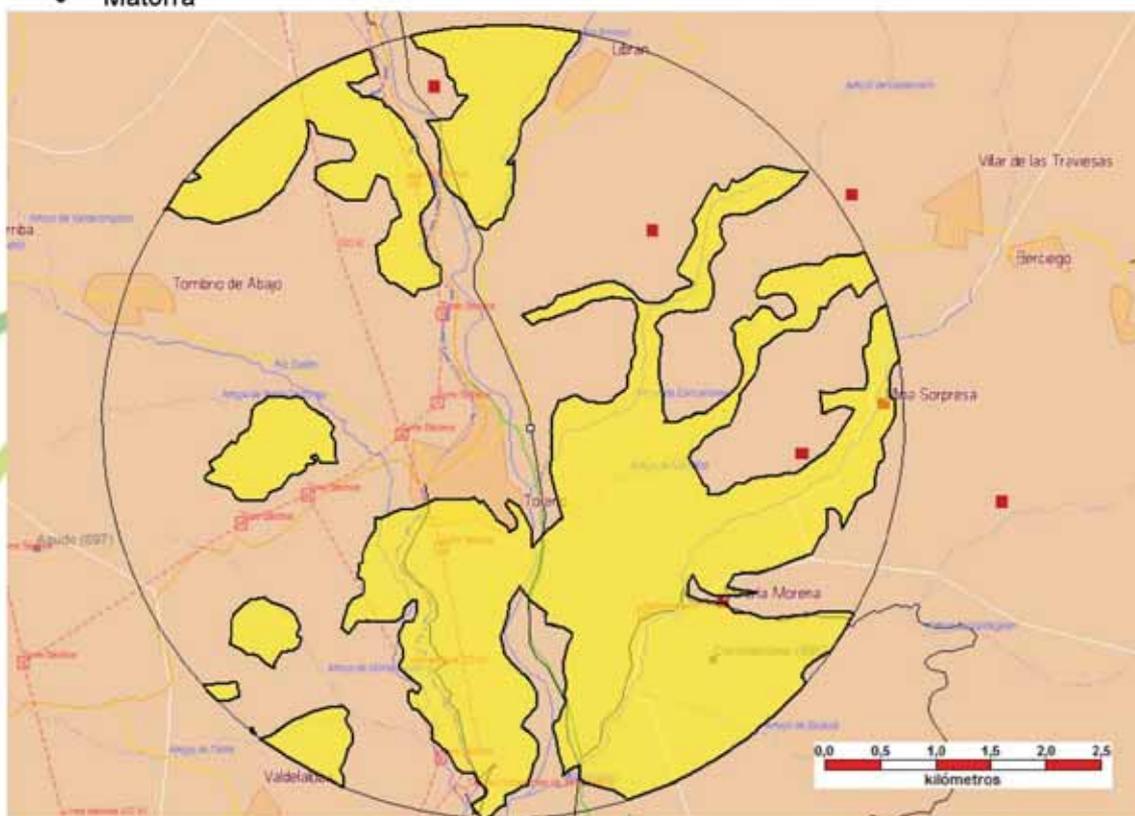


Figura 63. Instalación de Biomasa Forestal en Toreno

30. Vivero Forestal en Valladolid

Son seleccionadas 250 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

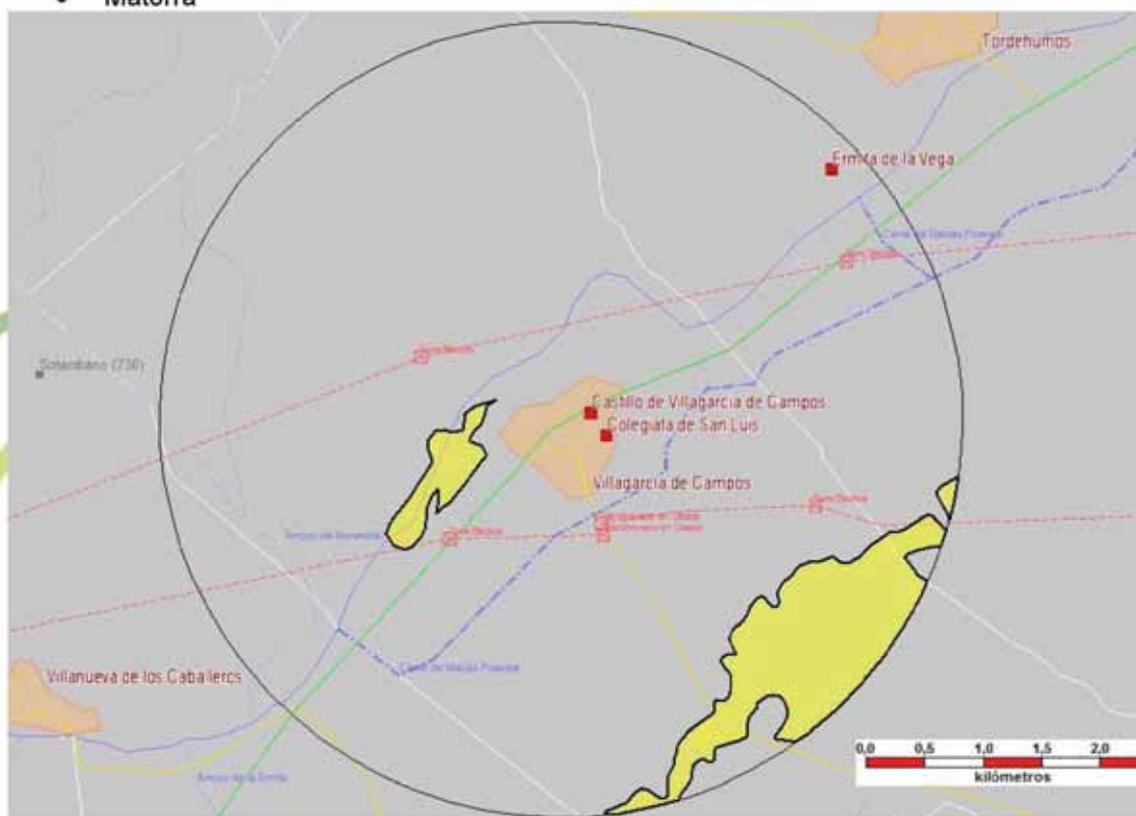


Figura 64. Instalación de Biomasa Forestal en Valladolid

31. Pedrajas de San Esteban

Son seleccionadas 100 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercíneas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quercíneas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercíneas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*

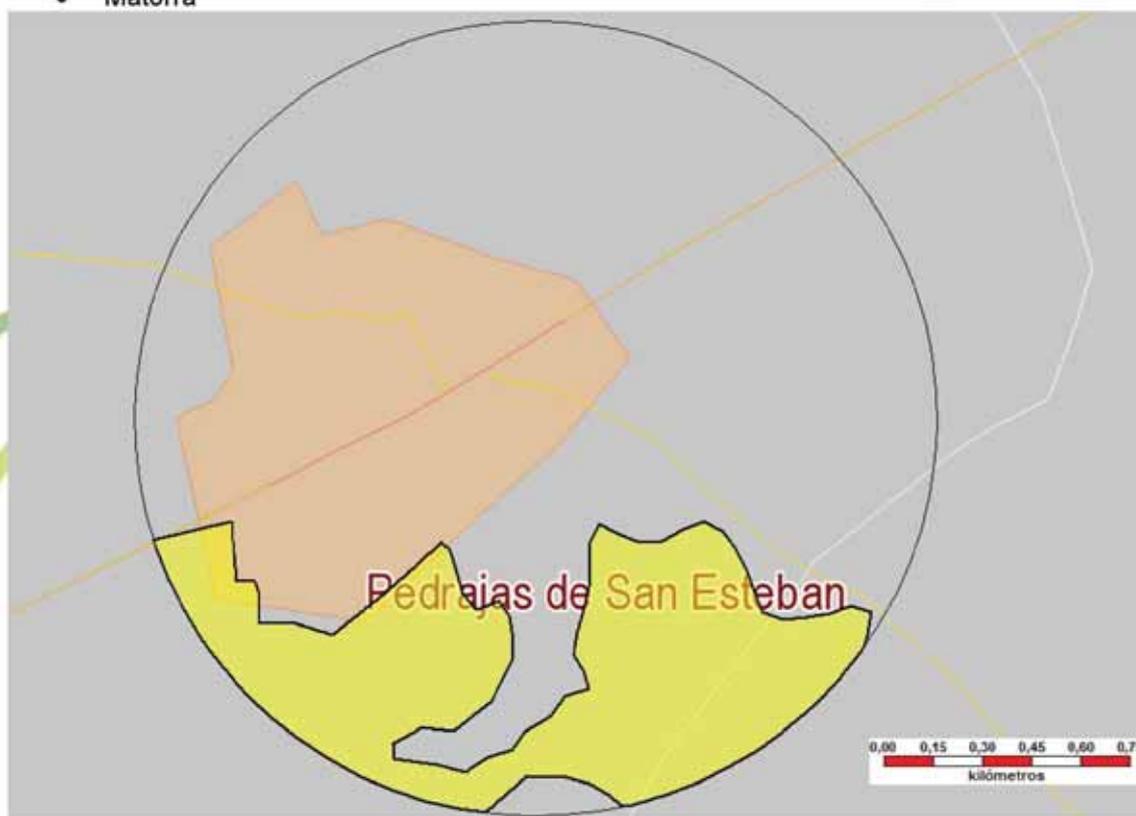


Figura 65. Instalación de Biomasa Forestal en Pedrajas de San Esteban

32. Villazopeque

Son seleccionadas 417 ha con este tipo de campos:

- Arbolado y/o matorral de rebollo y quejigo
- Bosque atlántico mixto. Incluso con quercineas
- Brezos y jarales con interés ecológico
- Castaño. *Castanea sativa*
- Castaños
- Choperas cultivadas, con eliminación de la vegetación natural de la ribera
- Dehesa de quecineas
- Encina asociada a quejigo
- Encina y cascaja. Quercineas mediterráneas
- Enebro. *Juniperus communis*
- Eucaliptos
- Fresnedas y tilares
- Fresnedas. No asociadas a tilos
- Haya. *Fagus sylvatica*
- Haya. *Fagus Sylvatica*
- Matorra
- Matorral de roble I
- Monte bajo con matorral degradado en formación densa. Rosáceas, cistáceas, ericáceas, prunus, etc, en laderas de montaña
- Negral. *Pinus pinaster*
- Pastizal asociado a matorral
- Pináceas aterrazadas, aterrazamientos
- Pináceas no aterrazadas
- Piorno
- Quejigo. *Quercus faginea*
- Rebollo. *Quercus pyrenaica*
- Repoblación degradada por incendios
- Roble albar. *Quercus petraea*
- Roble carballo. *Quercus robur*
- Roquedos y berrocal
- Roquedos, berrocales, etc.
- Silvestre. *Pinus Sylvestris*



Figura 66. Instalación de Biomasa Forestal en Villazopeque

IV.3.6 Instalaciones de Biodiesel

| Nº | Provincia | Producción t | Ubicación | BIODIESEL | | | | | | |
|----|------------|--------------|------------------------|----------------------------------|------|---------|-------|-------|------|-------|
| | | | | Promotor | Soja | Girasol | Colza | C y L | CCAA | No UE |
| 33 | León | 100.000 | Cabrerros del Río | Coope. UCOGAL- Repsol GREEN FUEL | 0% | 50% | 50% | 100% | 0% | 0% |
| 34 | León | 110.000 | La Robla GF | Castila y León INCOSA-TUDELA | 98% | 2% | 0% | 40% | 15% | 45% |
| 35 | León | 100.000 | La Robla | VEGUIN | 33% | 33% | 34% | 0% | 0% | 100% |
| 36 | León | 100.000 | Toreno | VECENERGY | 33% | 33% | 34% | 0% | 0% | 100% |
| 37 | Zamora | 20.000 | Valdscoiriel | BIOCAST | 33% | 33% | 33% | 80% | 10% | 10% |
| 38 | Zamora | 6.000 | S.Cristobal Entreviñas | BIOCYL | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% |
| 39 | Valladolid | 165.000 | Olmedo | ACOR | 0% | 50% | 50% | 0% | 0% | 0% |
| | | 601.000 | | | | | | | | |

Suponemos toda la producción a una hoja.

| | Ubicación | t/ha soja | t/ha girasol | t/ha colza | ha Soja | ha Girasol | ha Colza | Total |
|----|------------------------|-----------|--------------|------------|---------|------------|----------|---------|
| 33 | Cabrerros del Río | 1,60 | 0,6 | 1,2 | - | 83.333 | 41.667 | 125.000 |
| 34 | La Robla GF | 1,60 | 0,6 | 1,2 | 26.950 | 1.467 | - | 28.417 |
| 35 | La Robla | 1,60 | 0,6 | 1,2 | - | - | - | - |
| 36 | Toreno | 1,60 | 0,6 | 1,2 | - | - | - | - |
| 37 | Valdscoiriel | 1,60 | 0,6 | 1,2 | 3.300 | 8.800 | 4.400 | 16.500 |
| 38 | S.Cristobal Entreviñas | 1,60 | 0,6 | 1,2 | - | - | - | - |
| 39 | Olmedo | 1,60 | 0,6 | 1,2 | - | 137.500 | 68.750 | 206.250 |

Para los cálculos efectuados en el GIS, no vamos a considerar el 35 de la Robla ni el 36 de Toreno, pues el combustible (aceite) que utilizan se obtiene por importación y no por producción en Castilla y León. Tampoco consideraremos la 38 de San Cristóbal por utilizar aceite reciclado, sin incidencia en los cultivos de biomasa.

33. Cabrereros del Río

Son seleccionadas 125.000 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

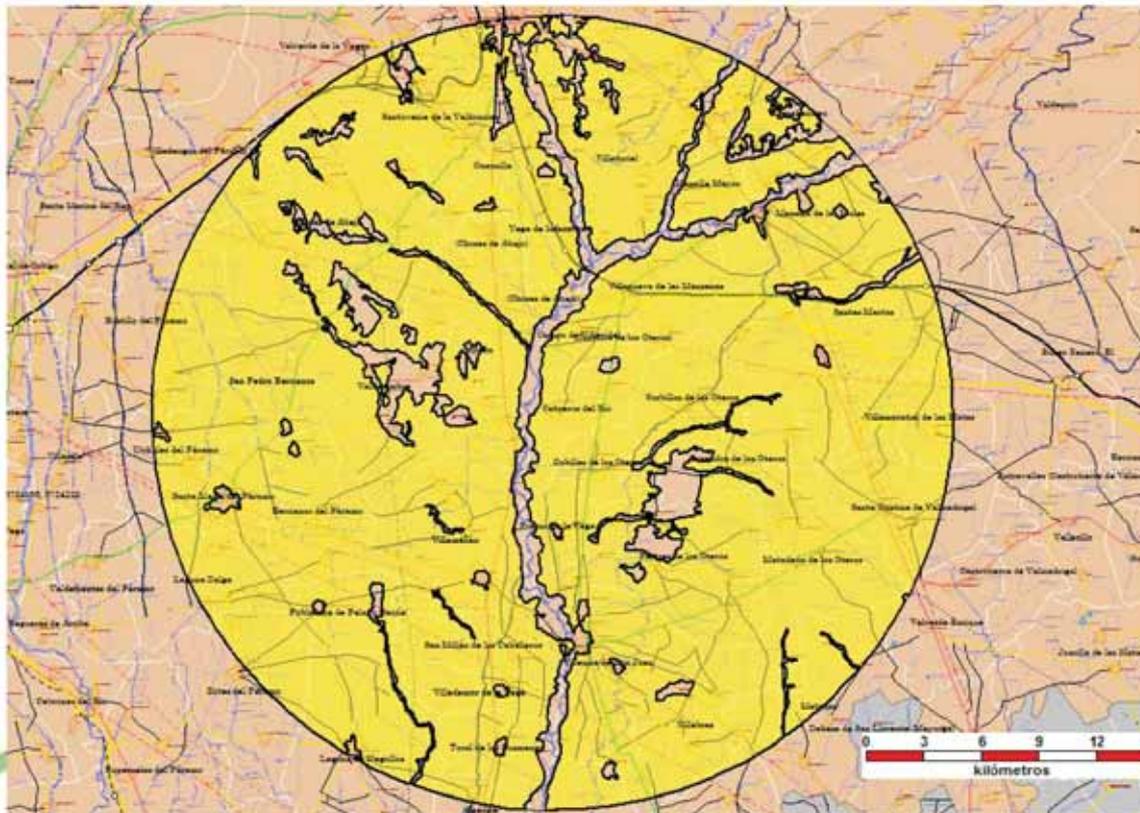


Figura 67. Instalación de biodiesel de Cabrereros del Río

34. La Robla

Son seleccionadas 28.417 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

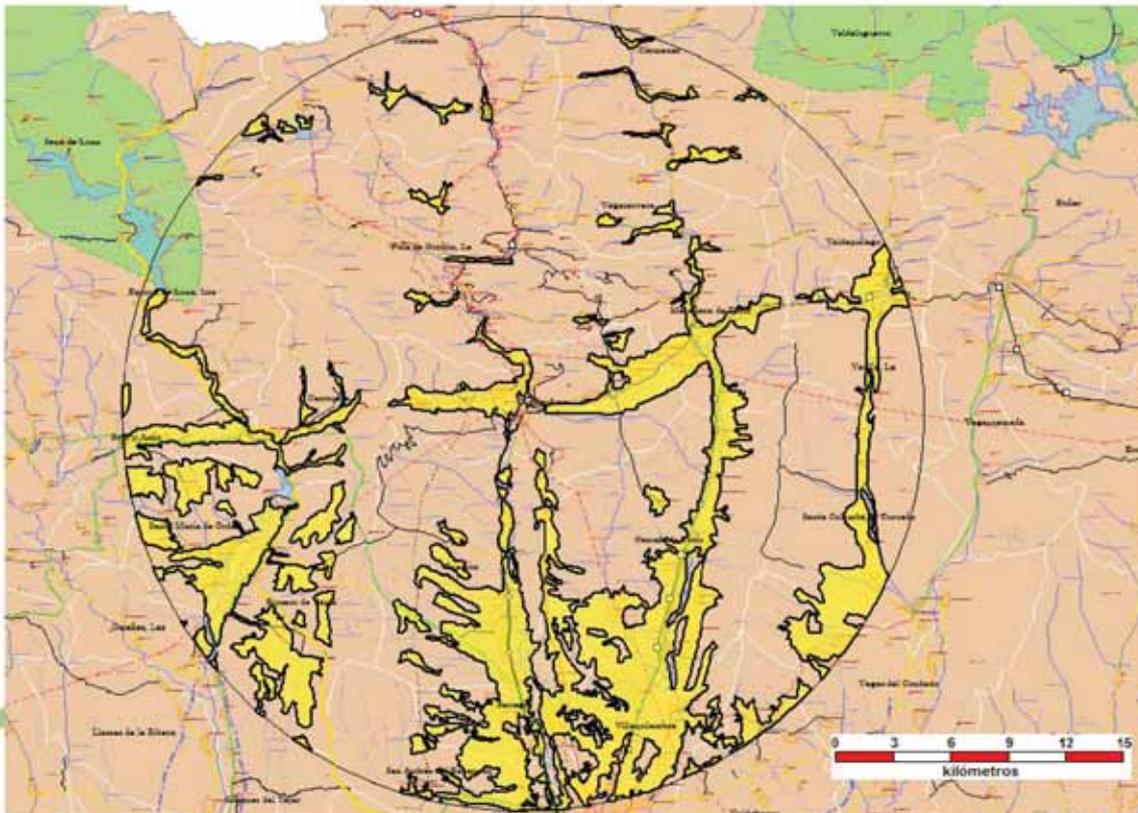


Figura 68. Instalación de biodiesel de La Robla

37. Valdescorriel

Son seleccionadas 16.500 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

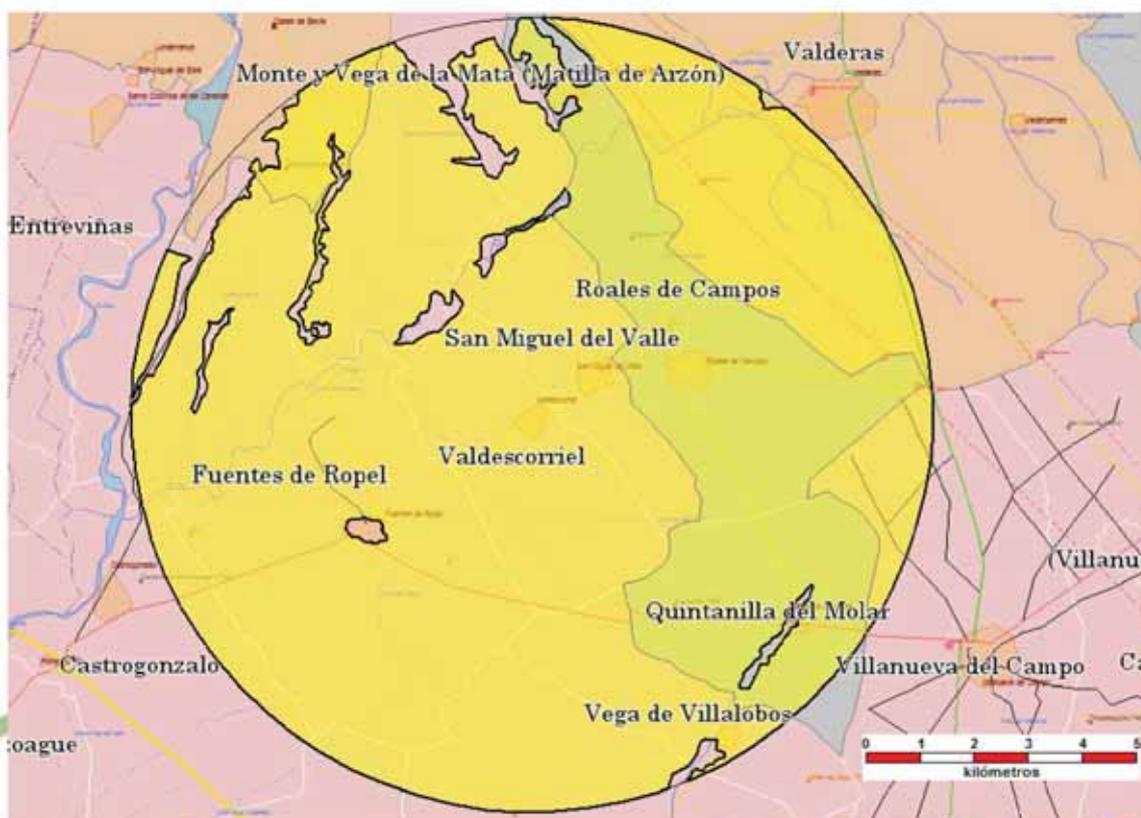


Figura 69. Instalación de biodiesel de Valdescorriel

39. Olmedo

Son seleccionadas 206.250 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

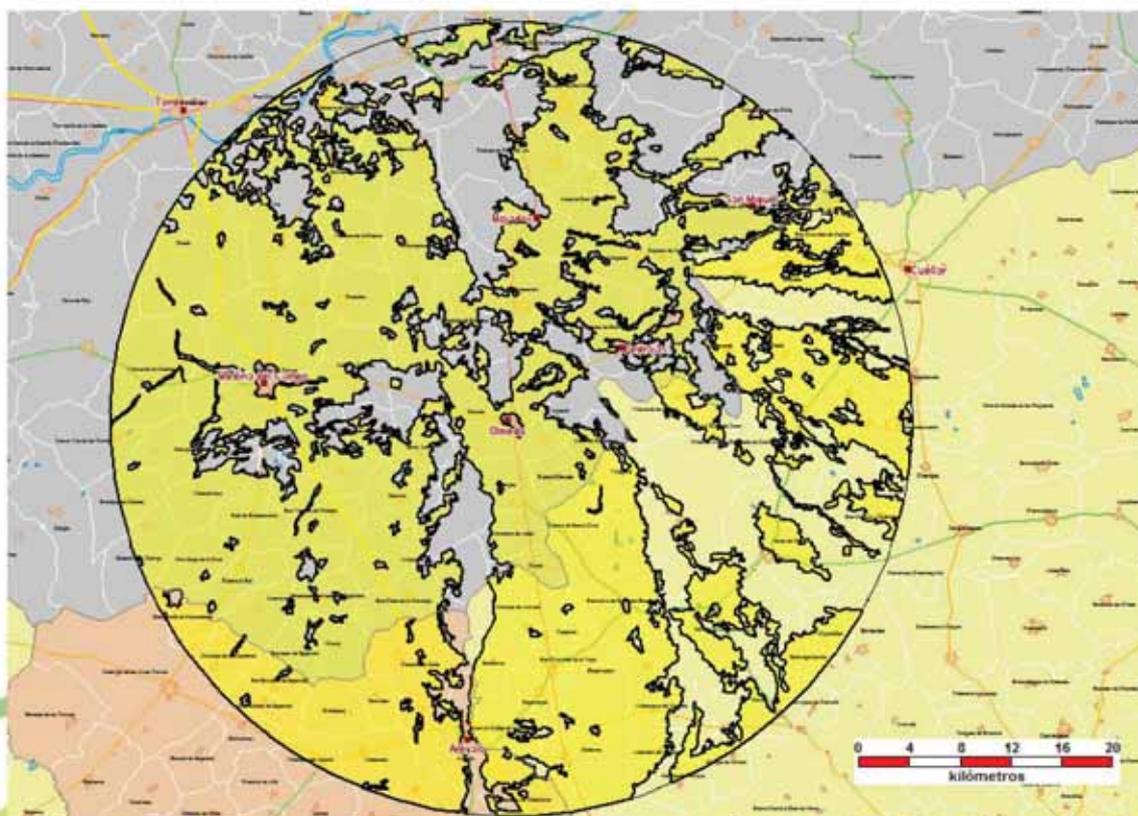


Figura 70. Instalación de biodiesel de Olmedo

IV.3.7 Instalaciones de Bioetanol

| Provincia | Producción | Ubicación | Promotor | BIOETANOL | | | | | |
|--------------|-------------------------|---------------------|--------------|-----------|--------|------|------|--------|-------|
| | | | | Trigo | Cebada | Maíz | Paja | Remola | C y L |
| 40 Salamanca | 200.000 | Babilafuente | ABENGOA-EBRO | 30% | 30% | 30% | 10% | 0% | 100% |
| 41 Zamora | 140.000 | Barcial del Barco | BIOVENT-EREN | 33% | 33% | 33% | 0% | 0% | 100% |
| 42 Burgos | 175.000 | Miranda de Ebro | EBRO | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% | 100% |
| 43 León | Experimental 515.000 | Villarejo de Órbigo | | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% |

| | t/ha tri | t/ha ceb | t/ha maíz | t/ha paja | t/ha remch | ha trigo | ha Cebada | ha maíz | ha paja | Ha remol | Total |
|----|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-------------|--------------|------------|------------|-------------|---------|
| 40 | 0,9 | 5,0 | 3,7 | 1,5 | 8,2 | 67.200 | 12.000 | 16.200 | 13.425 | - | 108.825 |
| 41 | 0,9 | 5,0 | 3,7 | 1,0 | 7,8 | 51.744 | 9.240 | 12.474 | - | - | 73.458 |
| 42 | 0,9 | 5,0 | 3,7 | 1,3 | 7,1 | - | - | - | - | 24.586 | 24.586 |
| 43 | 0,9 | 5,0 | 3,7 | 1,0 | 7,4 | - | - | - | - | - | - |

La 43 no la hemos relacionado con la biomasa al ser una planta experimental.

40. Babilafuente

Son seleccionadas 108.825 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

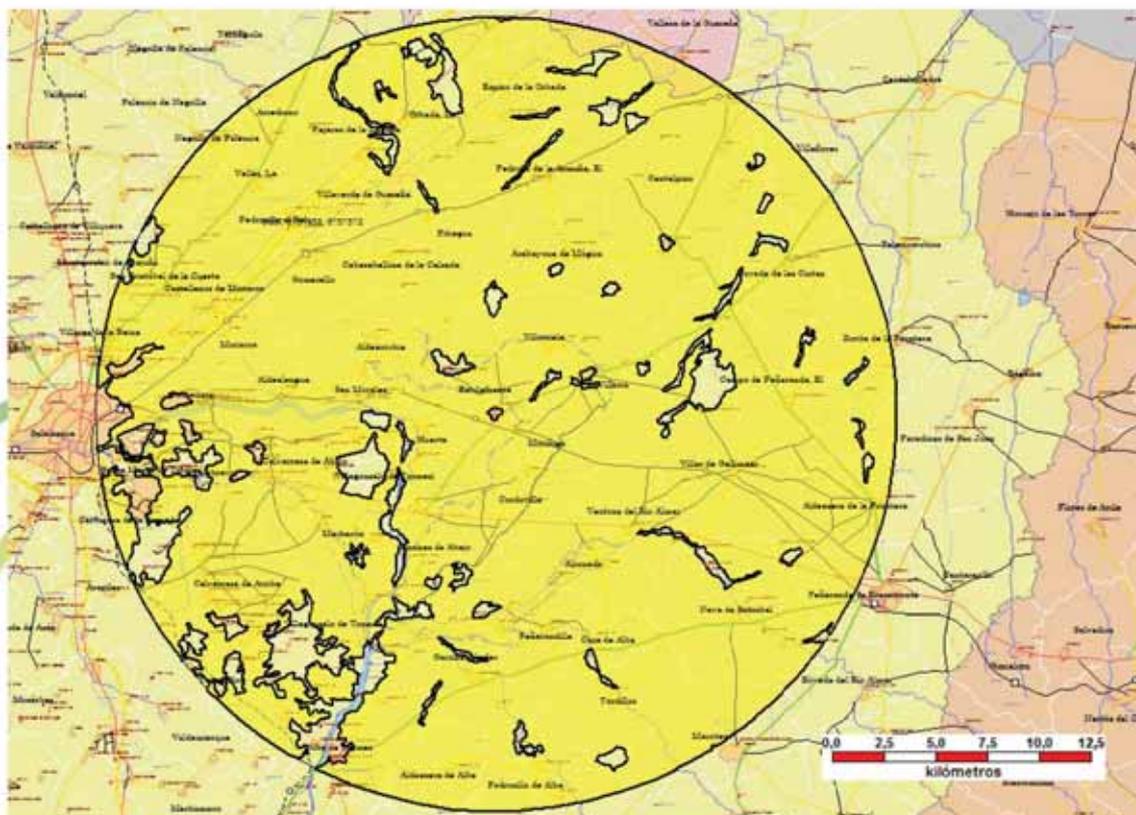


Figura 71. Instalación de bioetanol de Babilafuente

41. Barcial del Barco

Son seleccionadas 73.458 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

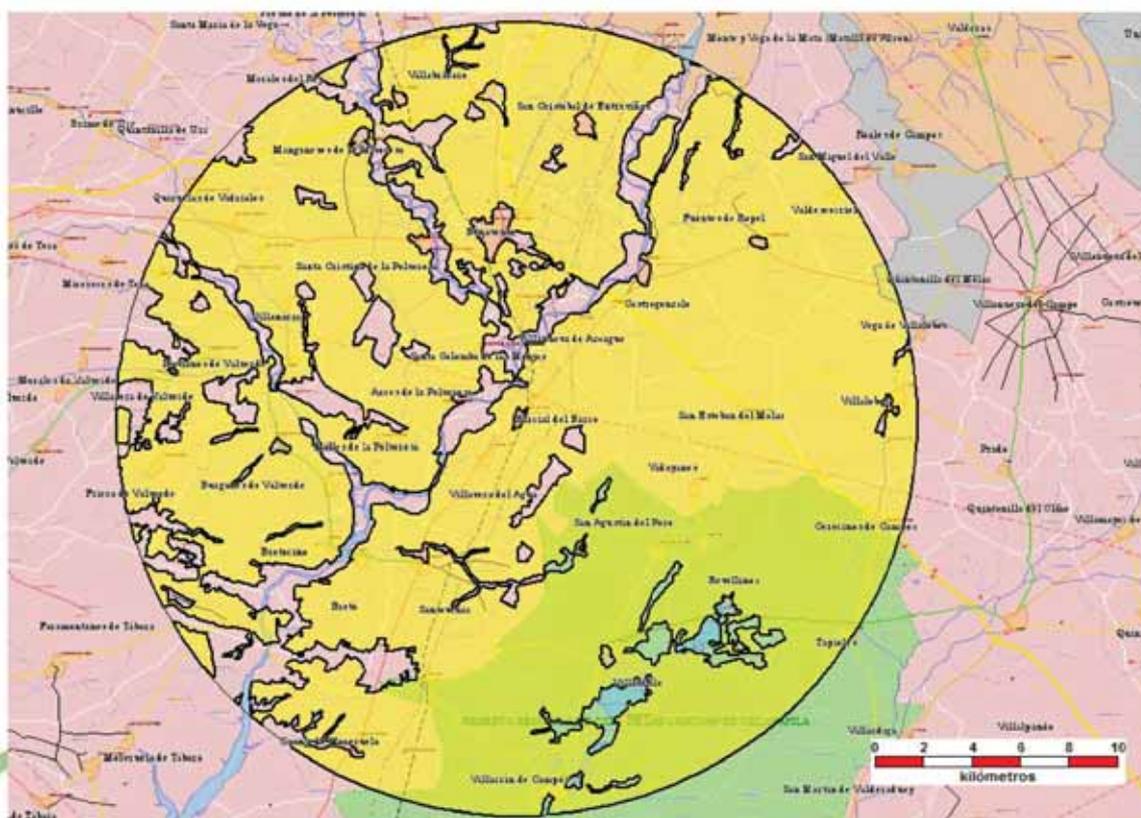


Figura 72. Instalación de bioetanol de Barcial del Barco

42. Miranda de Ebro

Son seleccionadas 24.586 ha con este tipo de campos:

- Cultivos de vanguardia o experimentales
- Cultivos recientemente abandonados
- Herbáceo en general
- Herbáceo. Labor intensiva
- Herbáceo. Labor intensiva. Barbechos
- Pradera de secano
- Secanos húmedos de ribera o fondo de valle

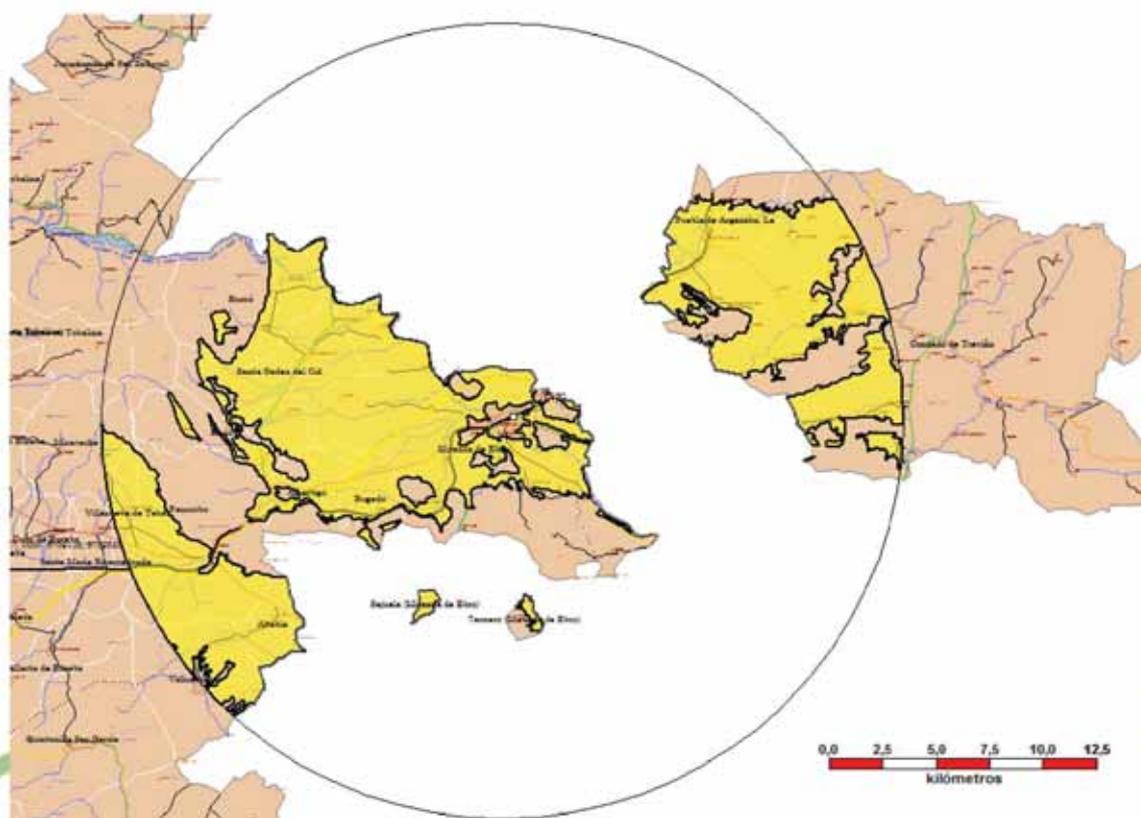


Figura 73. . Instalación de bioetanol de Miranda de Ebro

IV.3.8 Estudio económico

Vamos a realizar un breve estudio económico de los proyectos futuros a realizar en León, en particular los proyectos de:

- Valencia de Don Juan
- En el caso de la planta de Biodiesel de la Robla INCOSA:

En el caso de la planta de Valencia de Don Juan:

IV. La Biomasa en Castilla y León

| Gastos | | | €/S | €/ud | \$/ud | m€ | €/S | m€ |
|---------------------------|-----------|----------|------|--------|-------|---------------|-----|----------------|
| Ha Colza | 122.449 | ha | | | | 45.765 | | 45.765 |
| Plantación Colza | 288 | €/ha | | | | | | |
| Beneficio Agricultor | 30% | | | | | | | |
| Rendimiento cereal | 3 | t/ha | | | | | | |
| Rendimiento moltur. | 40% | | | | | | | |
| Aceite vegetal | 102.041 | t | | 240 | | | | |
| Metanol | 10.200 | t | 1,55 | | 1.100 | 7.239 | 1 | 11.220 |
| Catalizador Alcalino | 625 | t | | 2.000 | | 1.250 | | 1.250 |
| Acido | 595 | t | | 8.000 | | 4.760 | | 4.760 |
| Funcionamiento | 8.000 | h/año | | | | | | |
| Producto | 14,03 | t/h | | | | | | |
| Tª transesterificación | 65 | °C | | | | | | |
| Energía electrica | 5.000 | MWh | 1,55 | 95 | | 475 | 1 | 736 |
| Energía Calorífica | 1.553.132 | kcal/h | | | | | | |
| Calor esp 340°K aceite | 2.460 | J/(kg°K) | | | | | | |
| Densidad aceite colza | 0,92 | kg/l | | | | | | |
| Necesidad Calor apoyo | 724.636 | kcal/h | | | | | | |
| P. Calor. Inferior Biodie | 7.944 | kcal/kg | | | | | | |
| Autoconsumo | 91 | kg/h | | | | | | |
| Gastos Personal | 30 | Pers | | 25.000 | | 750 | | 750 |
| Total Gastos | | | | | | 60.239 | | 64.482 |
| Ingresos | | | | | | | | |
| Pienso animal | 220.408,2 | t | | 12 | | 2.645 | | 2.645 |
| Biodiesel | 100.000 | t | | | | | | |
| Biodiesel Venta | 99.270 | t | 1,55 | | 1.100 | 70.450 | 1 | 109.197 |
| Glicerina | 10.000 | t | | | | | | |
| Glicerina | 1.250 | kg/h | | | | | | |
| Aprovecha Glicerina | | | | | | | | |
| PC Glicerina | 4.300 | kca/l | | | | | | |
| PC Glicerina | 3.874 | kcal/kg | | | | | | |
| Energía bruta | 4.842.342 | kcal/h | | | | | | |
| Energía útil | 3.873.874 | kcal/h | | | | | | |
| Recuperador Calor | 55% | | | | | | | |
| Energía agua | 2.130.631 | kcal/h | | | | | | |
| Caldera Vapor | 3.750 | kg/h | | | | | | |
| Turbina Vrecal | 4,54 | kg/h kW | | | | | | |
| Energía electrica | 826 | kW | | | | | | |
| Energía calorífica cond | 828.496 | kcal/h | | | | | | |
| Exportación ener. Elect | 6.608 | MWh | b6,1 | 154,1 | | 1.018 | | 1.018 |
| | | | a1,3 | 160,1 | | 1.058 | | 1.058 |
| Total Ingresos | | | | | | 75.171 | | 113.918 |
| Cash-flow | | | | | | 14.932 | | 49.437 |
| Coste Instalación | 30.000 | € | | | | 30.000 | | 30.000 |
| Subvenciones | 0% | | | | | - | | - |
| Inversión | | | | | | 30.000 | | 30.000 |
| Amortización | 12 | años | | | | 2.500 | | 2.500 |
| B° antes impuestos | | | | | | 12.432 | | 46.937 |
| Impuesto Sociedades | 0 | % | | | | - | | - |
| Beneficio anual | | | | | | 12.432 | | 46.937 |

En el caso de la planta de Biodiesel de la Robla INCOSA:

IV. La Biomasa en Castilla y León

| Gastos | | | €/S | €/ud | \$/ud | m€ | €/S | m€ |
|---------------------------|-----------|----------|---------|--------|-------|---------------|-----|----------------|
| Ha Colza | - | ha | | | | - | | - |
| Plantación Colza | - | €/ha | | | | | | |
| Rendimiento cereal | - | t/ha | | | | | | |
| Rendimiento moltur. | 40% | | | | | | | |
| Aceite vegetal | 102.041 | t | 1,55 | | 600 | 39.500 | 1 | 61.224 |
| Metanol | 10.200 | t | 1,55 | | 1.100 | 7.239 | 1 | 17.391 |
| Catalizador Alcalino | 625 | t | | 2.000 | | 1.250 | 1 | 1.250 |
| Acido | 595 | t | | 8.000 | | 4.760 | | 4.760 |
| Funcionamiento | 8.000 | h/año | | | | | | |
| Producto | 14,03 | t/h | | | | | | |
| Tª transesterificación | 65 | °C | | | | | | |
| Energía electrica | 5.000 | MWh | 1,55 | 95 | | 475 | 1 | 147 |
| Energía Calorífica | 1.553.132 | kcal/h | | | | | | |
| Calor esp 340°K aceite | 2.460 | J/(kg°K) | | | | | | |
| Densidad aceite colza | 0,92 | kg/l | | | | | | |
| Necesidad Calor apoyo | 724.636 | kcal/h | | | | | | |
| P. Calor. Inferior Biodie | 7.944 | kcal/kg | | | | | | |
| Autoconsumo | 91 | kg/h | | | | | | |
| Gastos Personal | 30 | Pers | | 25.000 | | 750 | | 750 |
| Total Gastos | | | | | | 53.973 | | 85.523 |
| Ingresos | | | | | | | | |
| Pienso animal | - | t | | 12 | | - | | - |
| Biodiesel | 100.000 | t | | | | | | - |
| Biodiesel Venta | 99.270 | t | 1,55 | | 1.100 | 70.450 | 1 | 109.197 |
| Glicerina | 10.000 | t | | | | | | |
| Glicerina | 1.250 | kg/h | | | | | | |
| Aprovecha Glicerina | | | | | | | | |
| PC Glicerina | 4.300 | kca/l | | | | | | |
| PC Glicerina | 3.874 | kcal/kg | | | | | | |
| Energía bruta | 4.842.342 | kcal/h | | | | | | |
| Energía útil | 3.873.874 | kcal/h | | | | | | |
| Recuperador Calor | 55% | | | | | | | |
| Energía agua | 2.130.631 | kcal/h | | | | | | |
| Caldera Vapor | 3.750 | kg/h | | | | | | |
| Turbina Vrecal | 4,54 | kg/h kW | | | | | | |
| Energía electrica | 826 | kW | | | | | | |
| Energía calorífica cond | 828.496 | kcal/h | | | | | | |
| Exportación ener. Elect | 6.608 | MWh | T b 6.1 | 154,1 | | 1.018 | | 1.018 |
| | | | T a 1.3 | 160,1 | | 1.058 | | 1.058 |
| Total Ingresos | | | | | | 72.526 | | 111.273 |
| Cash-flow | | | | | | 18.553 | | 25.751 |
| Coste Instalación | 30.000 | € | | | | 30.000 | | 30.000 |
| Subvenciones | 30% | | | | | - 9.000 | | - 9.000 |
| Inversión | | | | | | 21.000 | | 21.000 |
| Amortización | 12 | años | | | | 1.750 | | 1.750 |
| Bº antes impuestos | | | | | | 16.803 | | 24.001 |
| Impuesto Sociedades | 0 | % | | | | - | | - |
| Beneficio | | | | | | 16.803 | | 24.001 |

IV. La Biomasa en Castilla y León

Los precios relacionados con la biomasa facilitados por la consejería de agricultura de Castilla y León son:

| CÁNONES DE LOS ARRENDAMIENTOS RÚSTICOS 2004 | | | | | | | | | | |
|--|-------|--------|------|----------|-----------|---------|-------|------------|--------|-----|
| | Ávila | Burgos | León | Palencia | Salamanca | Segovia | Soria | Valladolid | Zamora | CL |
| Las cifras expresan € constantes por hectárea y se refieren al precio más frecuente en la provincia. | | | | | | | | | | |
| TIERRAS LABOR: secoano | 107 | 133 | 62 | 92 | 95 | 65 | 123 | 100 | 45 | 97 |
| TIERRAS LABOR: regadío | 325 | 389 | 335 | 225 | 287 | 543 | 303 | 338 | 340 | 340 |
| PRADOS NAT: secoano | 124 | 145 | 49 | 0 | 119 | 51 | 4 | 0 | 0 | 89 |
| PRADOS NAT: regadío | 140 | 0 | 128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 133 |
| PASTIZALES: secoano | 29 | 34 | 24 | 6 | 79 | 25 | 2 | 0 | 43 | 33 |

| | AV | BU | LE | P | SA | SG | SO | VA | ZA | C y L |
|--|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (€/100 kg) El precio medio regional se ha calculado ponderando con las producciones (año base 2000). | | | | | | | | | | |
| Heno de Alfalfa | 13,7 | 13 | 13,12 | 13,69 | 13,47 | 12,56 | 12,24 | 13,22 | 13,45 | 13,27 |
| Veza para forraje | 10,97 | 9,02 | 12,8 | 9,99 | 10,66 | 9,81 | --- | --- | 15,08 | 11,2 |

| PRODUCTOS FORESTALES: Distri provincial de los precios percibidos por los agricultores 2004 | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | AV | BU | LE | P | SA | SG | SO | VA | ZA | C y L |
| (€/100 m ³) El precio medio regional se ha calculado ponderando con las producciones (año base 2000). | | | | | | | | | | |
| Pino Pinaster (trituración) | 1.500 | 2.846 | 1.266 | 1.114 | 1.152 | 1.663 | 505 | 2.107 | 520 | 1.226 |
| Pino Silvestre (aserrió) | 5.100 | 7.271 | 1.803 | 1.506 | 1.961 | 6.405 | 4.291 | --- | 3.249 | 5.125 |
| Pino Laricio (aserrió) | --- | 3.576 | 1.803 | 1.385 | 1.683 | --- | 2.481 | --- | 2.305 | 1.885 |
| Pino Pinaster (aserrió) | 3.800 | 4.734 | 2.854 | --- | 1.792 | 2.474 | 2.200 | 2.910 | 1.446 | 2.936 |
| Pino Pinea (aserrió) | 2.800 | --- | --- | --- | --- | 1.806 | --- | 1.959 | --- | 2.123 |
| Pino Radiata (aserrió) | --- | 2.380 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 2.380 |
| Eucaliptus (trituración) | --- | --- | --- | --- | 960 | --- | --- | --- | --- | 960 |
| Eucaliptus (aserrió) | --- | --- | --- | --- | 1.385 | --- | --- | --- | --- | 1.385 |
| Chopo (aserrió) | 4.250 | 4.191 | 5.409 | 5.181 | 5.629 | 5.010 | 5.309 | 6.310 | 1.802 | 4.552 |
| Haya (aserrió) | --- | 1.693 | --- | --- | --- | --- | 2.881 | --- | --- | 2.007 |
| Castaño (aserrió) | 6.580 | --- | 6.685 | --- | 6.906 | --- | --- | --- | 9.138 | 7.009 |
| Corcho | --- | --- | --- | --- | 179 | --- | --- | --- | --- | 179 |

Una instalación para elaboración de biomasa pellets, como por ejemplo la que se propone en Toreno de 50.000 t/año, según el estudio del CIUDEN basado sobre un total de 210.809 ha de terreno forestal existente en El Bierzo, 17.949 hectáreas de superficie forestal en Laciana. A estas cifras se han sumado alrededor de 8.000 hectáreas de superficie agrícola en El Bierzo. Los resultados del estudio han arrojado, respectivamente, unas cifras anuales de producción de biomasa residual total de 244.879 toneladas (base seca) en El Bierzo y 20.874 toneladas (base seca) en Laciana, lo que supone una producción anual total en la zona estimada de 265.753 toneladas de biomasa (base seca). De esta última cifra, 236.434 toneladas corresponden a la biomasa forestal de la que algo más de un 50% (131.068 toneladas)

IV. La Biomasa en Castilla y León

corresponden a biomasa de matorral y 844 toneladas a los residuos agrícolas producidos en la comarca del Bierzo. Así mismo, se ha estimado el potencial de los cultivos energéticos en la zona en base a chopo de unas 24.000 toneladas año (base seca), sobre una superficie de cultivo estimada de 1.586 ha.

Para este proyecto podría obtener la materia prima de 6 cuadrillas con una siguiente configuración y costes, personal y material, podemos estimar los costes a los que podemos llegar en limpieza de montes, caminos, líneas eléctricas, riberas de ríos, etc...

| Medios Mecánicos | | Coste | Amortiz | Coste/año | Coste/jornal | Jornales | € |
|------------------|-----|-----------------|----------|------------|--------------|----------|-----------|
| Tractor+cortador | 1 | 30.000 | 6 | 5.000 | 38,46 | 190 | 7.307,69 |
| Remolque | 1 | 8.500 | 6 | 1.417 | 10,90 | 190 | 2.070,51 |
| Motosierra | 2 | 1.550 | 3 | 517 | 3,97 | 190 | 755,13 |
| Desbrozadoras | 2 | 1.250 | 3 | 417 | 3,21 | 190 | 608,97 |
| Furgoneta | 1 | 11.000 | 5 | 2.200 | 16,92 | 190 | 3.215,38 |
| Combustible | 7 | 0,95 | | 8,00 | 53,20 | 190 | 10.108,00 |
| Biomasa | 30 | t/ha | | | | | 24.065,69 |
| Biomasa | 0,8 | ha/jornal | | | | | |
| | | | | | | | |
| Personal | | Jornales | €/jornal | € | | | |
| Encargado | 1 | 200 | 132 | 26.400,00 | | | |
| Oficial | 1 | 200 | 91 | 18.200,00 | | | |
| Peón | 2 | 200 | 86 | 34.400,00 | | | |
| | | | | 79.000,00 | | | |
| | | | | | | | |
| TOTAL | | Personal | | 79.000,00 | | | |
| | | Maquinas | | 24.065,69 | | | |
| | | | | 103.065,69 | | | |
| | | 15%Gastos Gener | | 15.459,85 | | | |
| | | 20%Beneficio | | 20.613,14 | | | |
| | | | | 139.138,68 | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Biomasa | | 4.560 | t | | | | |
| | | 30,51 | €/t | | | | |

| | t/ha vivo | kcal/kg | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----|
| Matorral verde (0,6m) | 4,5 | 2.850 | 40% |
| Restos de corta medios (12mm) | 37 | 3.250 | 60% |
| Media | | 3.090 | |

IV. La Biomasa en Castilla y León

| Cultivo energético | | | Coste |
|------------------------------|---------|---------|-------|
| Alquiler terreno | 600 | €/ha | 1.200 |
| Plantación Clon energético | 25.000 | €/ha | 3.333 |
| Populicultura chopos | 25.000 | ud/ha | |
| Amortización explotación | 15 | años | |
| Mantenimiento anual | 200 | €/ha | 400 |
| Periodo corte | 2 | años | |
| Corte y transporte | 450 | €/ha | 450 |
| Coste cultivo total | | | 5.383 |
| Beneficio cult.energét. | 15% | | 808 |
| Compra Cultivo energético | | | 6.191 |
| Biomasa Chopo | 42 | t/ha | |
| Coste Cultivo Energ. Chopo | 147 | €/t | |
| P. C. I. ast.chopo seco | 1.925 | kcal/kg | |
| P. C. I. ast.chopo húmedo | 4.317 | kcal/kg | |
| P. C. I. ast.chopo media | 3.121 | kcal/kg | |
| Residuo forestal | | | |
| Coste biomasa forestal | 30,51 | €/t | |
| Subvenciones limpieza montes | 6,00 | €/t | |
| Compra Biomasa Forestal | 24,51 | €/t | |
| Instalac. Pellet y astillas | | | |
| Producción | 50.000 | t/año | |
| Biomasa forestal | 26.000 | t/año | |
| Cultivos energéticos | 24.000 | t/año | |
| Transporte recogida | 6 | €/t | |
| Coste Biomasa forestal | 637 | m€ | |
| Coste Biomasa cultiv.energ | 1.008 | m€ | |
| Transporte recogida | 300 | m€ | |
| Total Materia prima | 1.945 | m€ | |
| Horas funcionamiento anual | 3.200 | h/año | |
| Producción Planta | 16 | t/h | |
| Secado | 6 | €/t | |
| Nº trabajadores | 10 | | |
| Costes Personal | 265 | m€ | |
| Gastos y Mantmtto anual | 180 | m€ | |
| Alquiler terreno | 480 | m€ | |
| Costes Totales | 3.170 | m€ | |
| Ingresos | | | |
| Precio venta Pellets | 247 | €/t | |
| Venta Pellets | 12.333 | m€ | |
| Ingresos Totales | 12.333 | m€ | |
| Cash-flow | 9.163 | m€ | |
| Coste Instalación | 3.000 | € | |
| Subvenciones | 30% | | |
| Inversión | 2.100 | m€ | |
| Amortización | 15 años | | |
| Amortización | 140 | m€ | |
| Bº antes impuestos | 9.023 | m€ | |
| Impuesto Sociedades | 25% | | |
| Beneficio | 6.767 | m€ | |

Suponiendo que se vendieran 50.000 t de pellets al año a ese precio.

IV. La Biomasa en Castilla y León

En el caso de una instalación de generación de electricidad tenemos:

| Cultivo energético | | | Coste |
|----------------------------|---------|---------|-------|
| Alquiler terreno | 600 | €/ha | 1.200 |
| Plantación Clon energético | 25.000 | €/ha | 3.333 |
| Populicultura chopos | 25.000 | ud/ha | |
| Amortización explotación | 15 | años | |
| Mantenimiento anual | 200 | €/ha | 400 |
| Periodo corte | 2 | años | |
| Corte y transporte | 450 | €/ha | 450 |
| Coste cultivo total | | | 5.383 |
| Beneficio cult.energét. | 15% | | 808 |
| Compra Cultivo energético | | | 6.191 |
| Biomasa Chopo | 42 | t/ha | |
| Coste Cultivo Energ. Chopo | 147 | €/t | |
| P. C. I. ast.chopo seco | 1.925 | kcal/kg | |
| P. C. I. ast.chopo húmedo | 4.317 | kcal/kg | |
| P. C. I. ast.chopo media | 3.121 | kcal/kg | |
| Agricultor | | | |
| Paja Cereal | 155 | €/t | |
| Beneficio agricultor | 15% | | |
| P. C. I. Paja cereal | 3.500 | kcal/kg | |
| Ins Generación Eléctrica | | | |
| Potencia Instalada | 27,5 | MW | |
| Disponibilidad | 84% | | |
| Combustible Leñoso | 20% | | |
| Combustible Herbáceo | 80% | | |
| Generación eléctrica | 202.356 | MWh | |
| Rendimiento Caldera | 35% | | |
| Combustible Leñoso | 115.632 | MWh | |
| Combustible Herbáceo | 462.528 | MWh | |
| Combustible Leñoso | 99.444 | Gcal | |
| Combustible Herbáceo | 397.774 | Gcal | |
| Combustible Leñoso | 31.863 | t | |
| Combustible Herbáceo | 113.650 | t | |
| Gastos | | | |
| Combustible leñoso | 4.697 | m€ | |
| Combustible herbáceo | 17.644 | m€ | |
| Nº trabajadores | 25 | | |
| Costes Personal | 663 | m€ | |
| Mantenimiento anual | 154 | m€ | |
| Alquiler terreno | 100 | m€ | |
| Costes Totales | 23.257 | m€ | |

IV. La Biomasa en Castilla y León

| Ingresos | | | Costes |
|-------------------------|---------|-------|--------|
| Venta Energía eléctrica | 202.356 | MWh | |
| RD 616/08 b1.6 | 146 | €/MWh | |
| Ingresos Totales | 29.544 | m€ | |
| Cash-flow | 6.287 | m€ | |
| Coste Instalación | 50.000 | € | |
| Subvenciones | 30% | | |
| Inversión | 35.000 | m€ | |
| Amortización | 25 | años | |
| Amortización | 1.400 | m€ | |
| B° antes impuestos | 4.887 | m€ | |
| Impuesto Sociedades | 0% | | |
| Beneficio | 4.887 | m€ | |
| | 14,0% | anual | |

V Conclusiones Generales

Barreras para el desarrollo de la biomasa como fuente de energía

El desarrollo de la biomasa como fuente de energía enfrenta barreras que pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- **Información.**- la pequeña y mediana industria carecen de la información que les permita valorar debidamente el valor agregado que pueden reportar con el aprovechamiento energético de los residuos. La falta de conocimiento provoca cálculos inadecuados de las inversiones iniciales y la tasa de retorno, por lo que no se tiene una idea adecuada de la rentabilidad de los proyectos de recuperación energética de los desechos.
- **Financiero.**- Muchos de los usuarios potenciales, al afrontar este tipo de inversiones, no conocen las fuentes de financiación y subvenciones que podrían tener, y por tanto se ven obligados a financiarlos con su propio capital o a partir de endeudamiento bajo las tasas de interés de mercado. Esta situación hace disminuir la tasa de retorno y, por ende, la factibilidad económica.
- **Política.**- Existen programas estatales y autonómicos enfocados al fortalecimiento de las tecnologías, incentivos para la generación de energía o la sustitución de combustibles fósiles. El aumento en las tarifas eléctricas y el costo de los combustibles fósiles están favoreciendo el desarrollo de la biomasa, como una vía para la reducción de las facturas por insumos energéticos. No obstante se puede caer en la tentación de invertir por la fuerte subvención que hoy en día tienen este tipo de industrias

V.1 Mercado Energético en la Comunidad de Castilla y León

En los datos facilitados por el Ente Regional Energía de Castilla y León sobre energía primaria en el cuarto trimestre y resumen anual de 2005 (nº 81) y cuarto trimestre y resumen anual de 2006 (nº 85), podemos tener una idea de

V. Conclusiones Generales

la capacidad de producción de los distintos tipos de energía de la que se dispone en la autonomía:

Tabla 39. Capacidad de Producción de los distintos tipos de energía (ktep)

| (ktep) | Hulla | Antracita | Petr y GN | Hidráulica | Nuclear | Eólica | Total |
|-------------|-------|-----------|-----------|------------|---------|--------|--------|
| CyL 06 | 971 | 1.268 | 6 | 741 | 1.001 | 353 | 4.340 |
| Nacional 06 | 2.191 | 1.788 | 255 | 3.565 | 15.624 | 1.956 | 25.379 |

Tabla 40. Capacidad de Producción de los distintos tipos de energía (%)

| % | Hulla | Antracita | Petr y GN | Hidráulica | Nuclear | Eólica |
|-------------|-------|-----------|-----------|------------|---------|--------|
| CyL 06 | 22% | 29% | 0,1% | 17% | 23% | 8% |
| Nacional 06 | 9% | 7% | 1% | 14% | 62% | 8% |
| | 44,3% | 58,6% | | 1,9% | 0,0% | 0,6% |

La producción de energía primaria en la región, a parte de la insignificante aportación de Petróleo y Gas Natural de Burgos, y está basada en la energía nuclear y el carbón como principales materias primas, dos sectores que han disminuido su producción de energía eléctrica en los últimos años.

Tabla 41. La producción bruta de energía eléctrica en Castilla y León y España en los mismos periodos

| (ktep) | Térmica | | Hidráulica | | Nuclear | | Eólica | | Total |
|-------------|---------|-----|------------|-----|---------|-----|--------|-----|--------|
| CyL 06 | 1.455 | 51% | 741 | 26% | 330 | 11% | 353 | 12% | 2.879 |
| Nacional 06 | 14.950 | 58% | 3.565 | 14% | 5.156 | 20% | 1.956 | 8% | 25.627 |
| | 7,3% | | 1,9% | | 0,0% | | 0,6% | | 4,6% |

La producción de energía eléctrica bruta en la provincia de León es de un 7,3% Térmica del total nacional, un 1,9 % de la producción Hidráulica nacional y un 0,6 % de la producción eólica, con un total de 4,6% de la energía eléctrica bruta producida en España.

Tabla 42. Consumo de energía final en la provincia de León en los diferentes tipos comparada con la consumida en Castilla y León y el total nacional por fuentes para la energía eléctrica consumida en los mismos periodos

| (ktep) | Uso Domestico | | | Uso Industrial | | | Otros Usos | | | Total |
|--------|---------------|---------|----|----------------|-------|----|------------|------|---|-------|
| | Tarifa | Mercado | % | Tar. | Merc. | % | Tar. | Mer. | % | |
| CyL06 | 271 | 22 | 28 | 550 | 186 | 70 | 27 | 1 | 3 | 1.057 |

V. Conclusiones Generales

| | | | | | | | | | |
|------------|--|----|--|--|-----|--|--|--|--------|
| Nacional06 | | | | | | | | | 21.748 |
| | | 5% | | | 21% | | | | 0,9% |

Podemos ver que el consumo en un 70% es en el sector industrial con un marcado uso tarifario. En el sector domestico el 97% aún está acogido a tarifa regulada.

Tabla 43. El consumo de gas

| (ktep) | Butano | | Propano | | GN dome | | GN Indust. | | Total |
|-------------|--------|----|---------|----|---------|-----|------------|-----|--------|
| CyL 06 | 60 | 3% | 77 | 4% | 244 | 14% | 1.370 | 78% | 1.751 |
| Nacional 06 | 1.527 | 5% | 822 | 3% | 4.223 | 13% | 25.880 | 80% | 32.452 |
| | 0,8% | | 1,1% | | 0,5% | | 0,5% | | |

Podemos ver que el consumo en un 78% se realiza por el sector industrial con un el mercado liberalizado totalmente del gas natural, incluido el sector domestico.

Tabla 44. El consumo de gasolinas, gasóleos y fuelóleo

| (ktep) | G97 | S/P95 | S/P98 | GOA | GOB | GOC | FOBia | Total |
|------------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| CyL06 | 0,3 | 423 | 46 | 2.209 | 862 | 277 | 152 | 3.969 |
| Nacional06 | 13,2 | 6.474 | 926 | 25.413 | 5.976 | 2.749 | 3.051 | 44.602 |
| | 0,7% | 1,2% | 0,9% | 1,4% | 3,3% | 2,6% | 2,0% | 1,7% |

Los combustibles consumidos en las Centrales Térmicas convencionales de la provincia de León han sido en este periodo de tiempo de:

Tabla 45. Combustibles Sólidos consumidos en las Centrales Térmicas convencionales de la provincia de León

| Central/año | Carbón Nacional | | Carbón Importación | | Coque Petroleo | |
|----------------|-----------------|-------|--------------------|-------|----------------|-------|
| | t | PCI | t | PCI | t | PCI |
| Compostilla 05 | 2.218.100 | 4.546 | 810.640 | 6.087 | 576.147 | 7.804 |
| Compostilla 06 | 2.221.217 | 4.628 | 450.630 | 6.120 | 300.596 | 7.805 |
| La Robla 05 | 1.086.351 | 5.368 | 714.952 | 6.580 | | |
| La Robla 06 | 854.832 | 5.252 | 675.237 | 6.538 | | |
| Anllaes 05 | 1.003.450 | 4.681 | 190.258 | 6.354 | | |
| Anllaes 06 | 855.888 | 4.349 | 220.494 | 6.375 | | |

Tabla 46. Combustibles Líquidos consumidos en las Centrales Térmicas convencionales de la provincia de León

| Central/año | Fuel-Oil | | Gas-oil | | Total (Sólidos + Liq) | |
|----------------|----------|--------|---------|--------|-----------------------|---------|
| | t | PCI | t | PCI | Tep | Tep/MWh |
| Compostilla 05 | 2.262 | 10.150 | 4.258 | 10.300 | 1.958.063 | 0,251 |
| Compostilla 06 | 3.836 | 10.150 | 6.737 | 10.300 | 1.549.214 | 0,254 |
| La Robla 05 | 13.255 | 10.000 | 488 | 10.476 | 1.067.379 | 0,247 |
| La Robla 06 | 14.241 | 10.000 | 918 | 10.476 | 905.611 | 0,248 |
| Anllares 05 | 2.898 | 10.000 | 1.261 | 11.014 | 594.893 | 0,241 |
| Anllares 06 | 7.462 | 10.000 | 2.080 | 11.016 | 522.570 | 0,244 |
| | | | | | 2.977.395 | |

Figura 74. Distribución de energía en León por sectores

Las previsiones de energía final en 2011 para el territorio nacional que recoge el informe sobre el consumo de energía del año 2005 publicado por el Ministerio de Industria nos da una previsión de energía primaria:

Tabla 47. Consumos de energía 2003-2005

| Energía primaria | 2.003 | | 2.004 | | 2.005 | |
|------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | ktep | % | ktep | % | ktep | % |
| CARBÓN | 20.416 | 15,0% | 20.921 | 14,7% | 21.183 | 14,5% |
| PETROLEO | 69.313 | 50,8% | 71.054 | 50,0% | 71.785 | 49,2% |
| GAS NATURAL | 21.254 | 15,6% | 24.671 | 17,4% | 29.120 | 20,0% |
| NUCLEAR | 16.125 | 11,8% | 16.576 | 11,7% | 14.995 | 10,3% |
| ENERG. RENOV. | 9.220 | 6,8% | 9.150 | 6,4% | 8.849 | 6,1% |
| SALDO ELECT. | 109 | 0,1% | - 260 | -0,2% | - 116 | -0,1% |
| Total | 136.482 | | 142.112 | | 145.816 | |

Tabla 48. Consumos de energía 2007 a 2011 y comparativa 2005 a 2011

| Energía primaria | 2.007 | | 2.011 | | 05-11 |
|------------------|---------|-------|---------|-------|-------|
| | ktep | % | ktep | % | |
| CARBÓN | 19.198 | 12,5% | 13.956 | 8,5% | -6,1% |
| PETROLEO | 73.690 | 47,9% | 74.553 | 45,3% | -4,0% |
| GAS NATURAL | 32.147 | 20,9% | 40.530 | 24,6% | 4,6% |
| NUCLEAR | 15.847 | 10,3% | 15.874 | 9,6% | -0,6% |
| ENERG. RENOV. | 13.036 | 8,5% | 20.552 | 12,5% | 6,4% |
| SALDO ELECT. | - | 0,0% | - | 0,0% | 0,1% |
| Total | 153.945 | | 164.735 | | 14% |

V. Conclusiones Generales

A su vez también estima el consumo de energía final:

Tabla 49. Consumos de energía final 2003-2005

| Energía primaria | 2.003 | | 2.004 | | 2.005 | |
|------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | ktep | % | ktep | % | ktep | % |
| CARBÓN | 2.436 | 2,4% | 2.405 | 2,3% | 2.424 | 2,3% |
| PETROLEO | 60.082 | 59,6% | 61.689 | 59,0% | 61.748 | 57,7% |
| GAS NATURAL | 15.601 | 15,5% | 16.720 | 16,0% | 18.133 | 17,0% |
| ELECTRICIDAD | 19.040 | 18,9% | 19.914 | 19,1% | 20.820 | 19,5% |
| ENERG. RENOV. | 3.667 | 3,6% | 3.746 | 3,6% | 3.815 | 3,6% |
| TOTAL | 100.826 | | 104.474 | | 106.940 | |

Tabla 50. Consumos de energía final 2007 a 2011 y comparativa 2005 a 2011

| Energía primaria | 2.007 | | 2.011 | | 05-11 |
|------------------|---------|-------|---------|-------|-------|
| | ktep | % | ktep | % | |
| CARBÓN | 2.232 | 2,0% | 2.021 | 1,6% | -0,7% |
| PETROLEO | 64.105 | 56,4% | 67.028 | 53,5% | -4,2% |
| GAS NATURAL | 19.850 | 17,5% | 24.263 | 19,4% | 2,4% |
| ELECTRICIDAD | 22.750 | 20,0% | 25.063 | 20,0% | 0,6% |
| ENERG. RENOV. | 4.786 | 4,2% | 6.818 | 5,4% | 1,9% |
| TOTAL. | 113.722 | | 125.193 | | 18% |

Esto indica que se producirá un cambio de consumo de energía final en el que los productos petrolíferos aunque bajan cuatro puntos respecto al 2005 continuarán siendo más de la mitad del consumo, el gas natural y la electricidad tendrán una participación similar al 20% y las energías renovables aumentarán hasta un 5,4% y el carbón no alcanzará un 2%.

Se estima un crecimiento medio de la energía final del 2,6% menor del crecimiento del PIB, estimado en el 3%, así que la intensidad energética se espera que se reduzca a partir de 2007, en 2005 de 3,2 tep/habitante a 3,0 tep/habitante en menor cuantía que en la intensidad energética de energía final en 2005 de 3,9 tep/habitante a 2,9 tep/habitante en 2011.

El cambio de mix de generación eléctrica va a ser notable según este mismo informe de 2005 indica las tendencias que reseñábamos anteriormente:

Tabla 51. Mix de generación eléctrica

| Gen Electric | Carbón | Nuclear | Gas Natural | Prod. Petrolif. | En. Ren |
|--------------|--------|---------|-------------|-----------------|---------|
| 2000 | 35,5 | 27,6 | 9,7 | 9,9 | 16,9 |
| 2005 | 27,7 | 19,6 | 26,9 | 8,0 | 17,8 |
| 2011 | 15,0 | 17,3 | 33,3 | 3,6 | 30,9 |
| 05-11 | -12,7 | -2,3 | 6,4 | -4,4 | 13,1 |

De estos datos sobre consumos y producciones, tanto de Castilla y León como a nivel nacional nos basaremos para estimar las variaciones en los funcionamientos de las instalaciones energéticas que previsiblemente ocurrirán para los próximos años según los planes de energía vigentes, tanto europeos como españoles. Éstos prevén una diversificación energética en base a energías renovables, así que proponen el plan de energías renovables de 2005-2010, que establece unos objetivos de consumos de energía primaria a nivel nacional en España de la forma siguiente:



V. Conclusiones Generales

Tabla 52. Consumos de energía primaria

| Gen E. Eléct | 2004 | | | 2010 | | | % |
|----------------------|-----------------------------|--------|---------|----------------------|---------|---------|------|
| | (MW) | (GWh) | (ktep) | (MW) | (GWh) | (ktep) | |
| Hiráhul >50MW | 13.521 | 25.014 | 1.979 | 13.521 | 25.014 | 1.979 | 0% |
| Hirá 10-50MW | 2.897 | 5.794 | 498 | 3.257 | 6.480 | 557 | 12% |
| Hiráhul <10MW | 1.749 | 5.421 | 466 | 2.199 | 6.692 | 575 | 23% |
| Biomasa | 344 | 2.193 | 680 | 2.039 | 14.015 | 5.138 | 656% |
| R.S.U. | 189 | 1.223 | 395 | 189 | 1.223 | 395 | 0% |
| Eólica | 8.155 | 19.571 | 1.683 | 20.155 | 45.511 | 3.914 | 133% |
| Solar Fotovolt. | 37 | 56 | 5 | 400 | 609 | 52 | 940% |
| Biogás | 141 | 825 | 267 | 235 | 1.417 | 455 | 70% |
| Solar Termoelé | - | - | - | 500 | 1.298 | 509 | |
| AREA ELÉC. | 27.033 | 60.097 | 5.973 | 42.495 | 102.259 | 13.574 | 127% |
| | m ² Solar x 1000 | | | m ² Solar | | | |
| Usos térmicos | | | | | | | |
| Biomasa | | | 3.487 | | | 4.070 | 17% |
| m2 | 700 | | 51 | 4.900 | | 376 | 637% |
| AREA TÉRMICA | | | 3.538 | | | 4.446 | 26% |
| BIOCARBURAN | | | 228 | | | 2.200 | 865% |
| ENER RENOV | | | 9.739 | | | 20.220 | 108% |
| CON EN. PRI | | | 141.567 | | | 167.100 | 18% |
| Renova/Primar | | | 6,9% | | | 12,1% | |

| Gen E. Eléct | Incremento 2004-2010 | | |
|----------------------|----------------------|--------|--------|
| | (MW) | (GWh) | (ktep) |
| Hiráhul >50MW | - | - | - |
| Hirá 10-50MW | 360 | 686 | 59 |
| Hiráhul <10MW | 450 | 1.271 | 109 |
| Biomasa | 1.695 | 11.822 | 4.458 |
| R.S.U. | - | - | - |
| Eólica | 12.000 | 25.940 | 2.231 |
| Solar Fotovolt. | 363 | 553 | 47 |
| Biogás | 94 | 592 | 188 |
| Solar Termoelé | 500 | 1.298 | 509 |
| AREA ELÉC. | 15.462 | 42.162 | 7.601 |
| | m ² Solar | | |
| Usos térmicos | | | |
| Biomasa | | | 583 |
| m2 | 4.200 | | 325 |
| AREA TÉRMICA | | | 908 |
| BIOCARBURAN | | | 1.972 |
| ENER RENOV | | | 10.481 |
| CON EN. PRI | | | |
| Renova/Primar | | | |

Las subidas más importantes que se van a producir en este periodo para alcanzar los objetivos de incremento del 108% (10.481 ktep) en términos de energía primaria producida por energías renovables, también llamadas autóctonas, serán fundamentalmente debidas a la biomasa de generación eléctrica 43% (4.458 ktep) y a la energía eólica 21% (2.231 ktep) y a la biomasa de Biocarburantes en un 19% (1.972 ktep).

Debemos considerar además que las plantas de biocarburantes, por las necesidades de calor que requieren, sobre todo en la destilación del etanol, siempre van asociadas a una instalación de cogeneración en la que se genera energía eléctrica, así que fundamentalmente será el sector que más evolucione en este periodo y que vamos a profundizar su estudio para estimar su establecimiento en Castilla y León.

La ley 53/2002 de medidas fiscales, administrativas y de orden social, modificación de la ley 38/1992 de impuestos especiales establece que los biocarburantes están exentos del impuesto de Hidrocarburos, medida establecida para mejorar su competitividad y que representará un descenso importante en la recaudación de Impuestos (tipo cero hasta 1.00 litros), además las plantas pilotos tienen exención total durante 5 años y las plantas comerciales tienen excepción hasta el año 2012, frena la inversión la incertidumbre a partir de ese momento entre otras cosas.

La previsión de energía primaria en la provincia de León para el año 2010 si se realizan todas las instalaciones proyectadas será:

V.2 Mercado Energético en Castilla y León

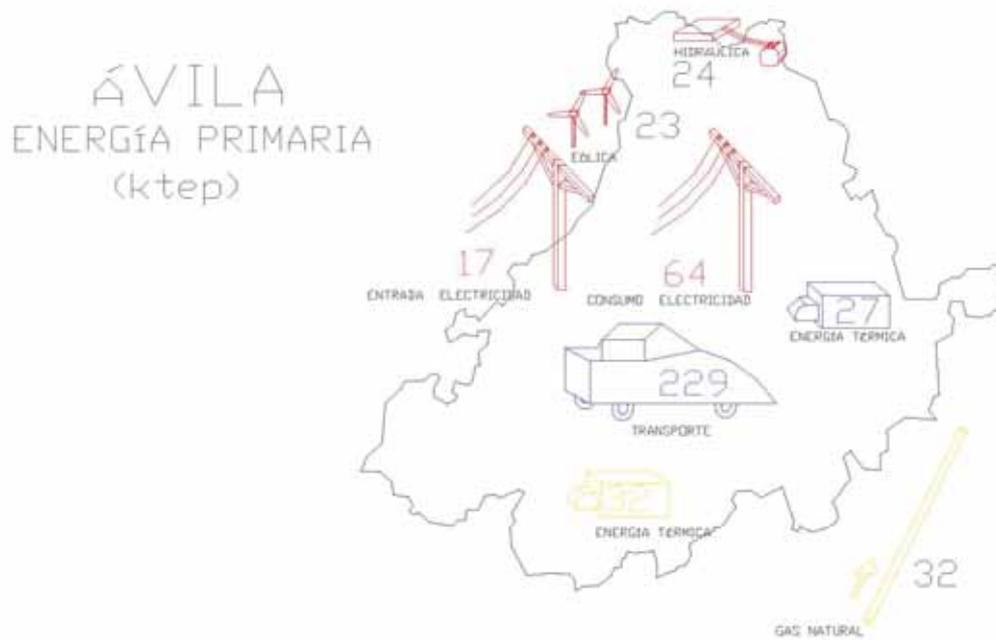


Figura 75. Distribución de energía en Ávila por sectores

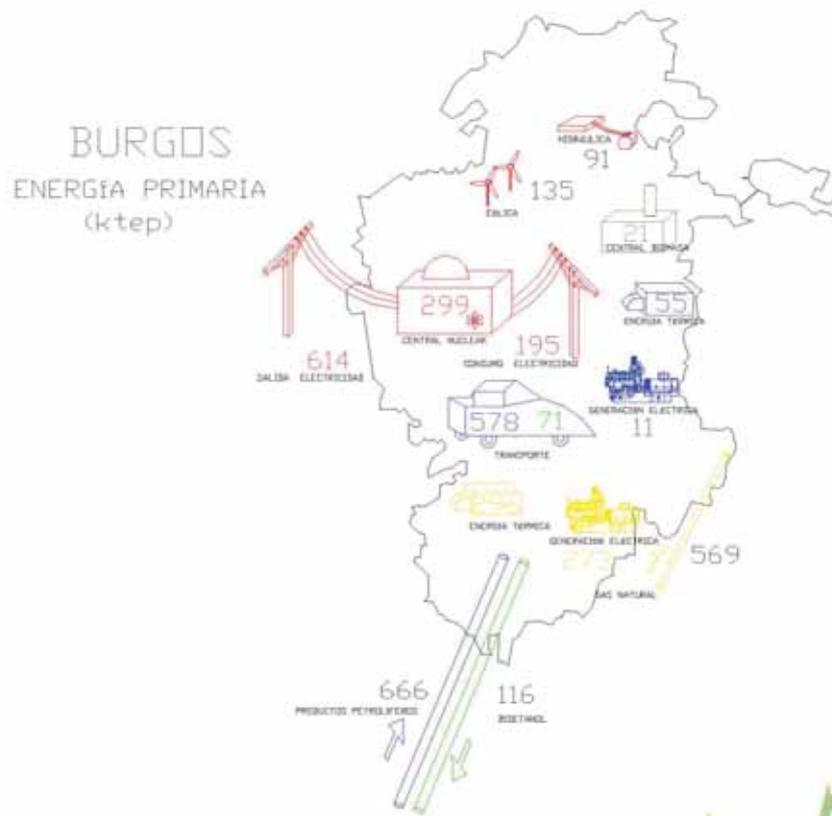


Figura 76. Distribución de energía en Burgos por sectores

V. Conclusiones Generales

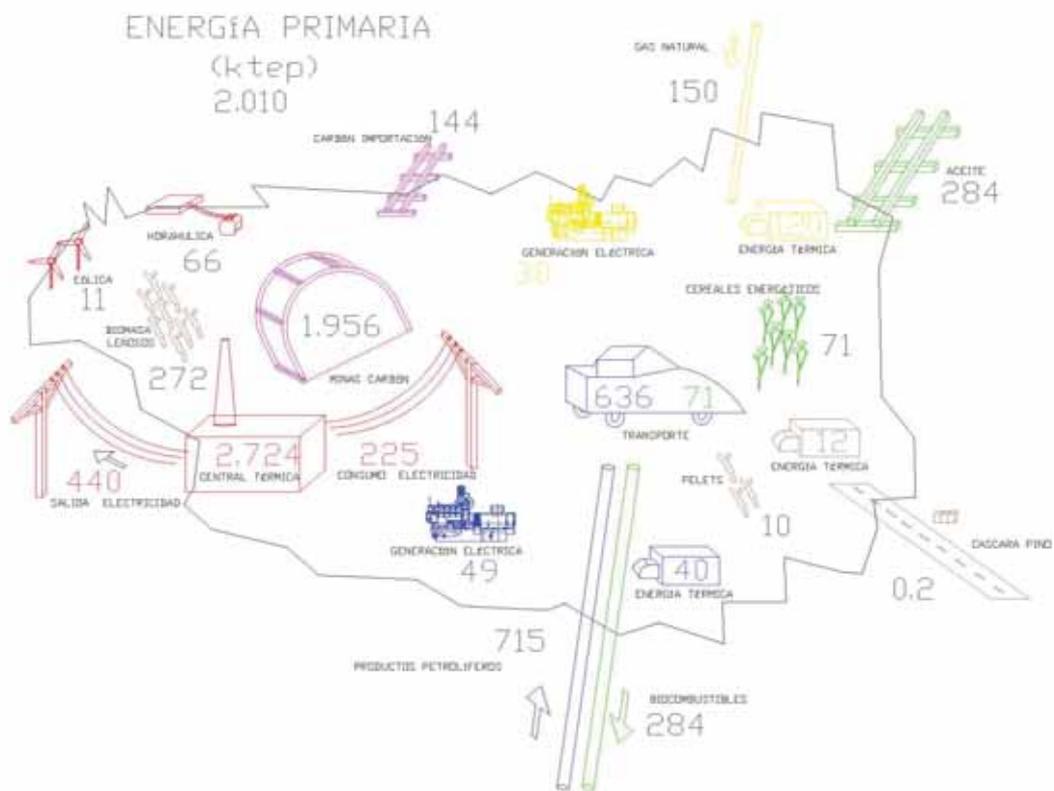


Figura 77. Distribución de energía en León por sectores

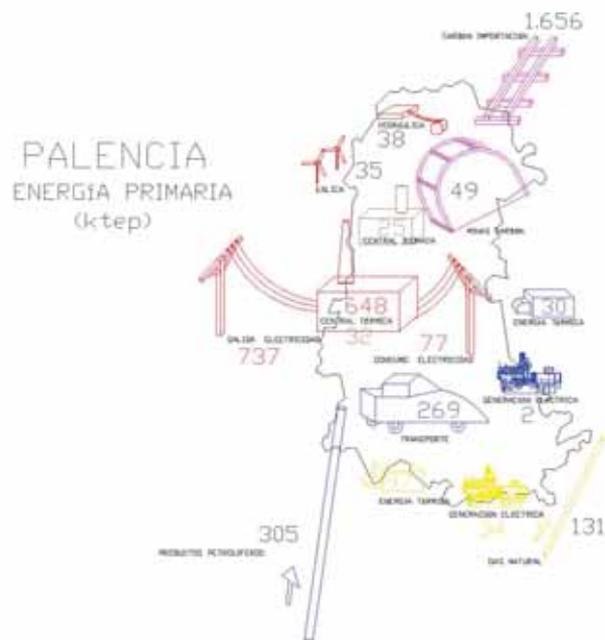


Figura 78. Distribución de energía en Palencia por sectores



Figura 79. Distribución de energía en Zamora por sectores

V. Conclusiones Generales



Figura 80. Distribución de energía en Salamanca por sectores

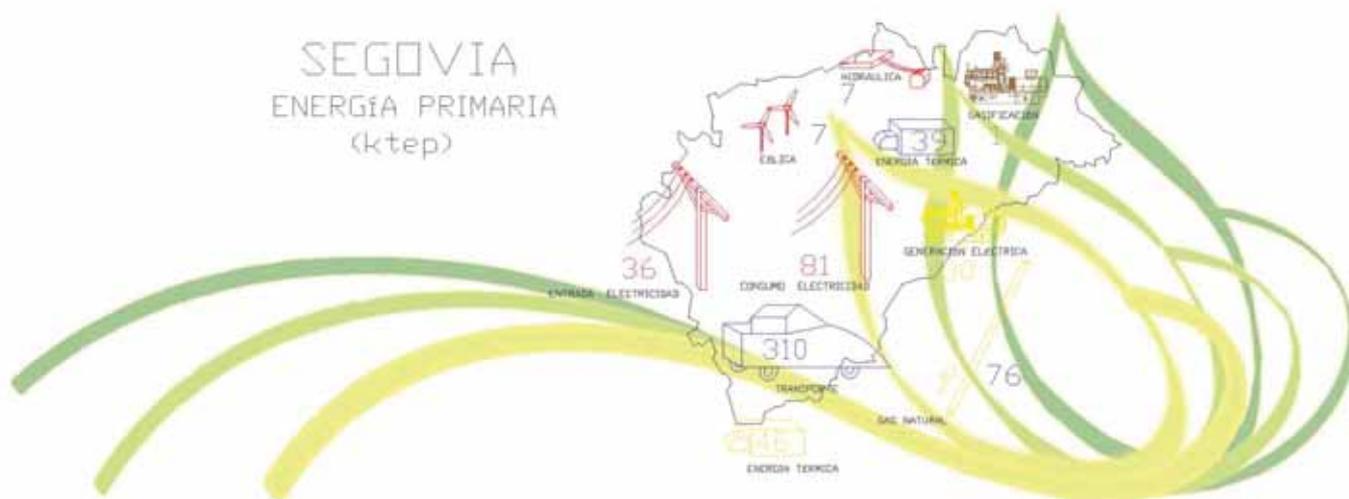


Figura 81. Distribución de energía en Segovia por sectores

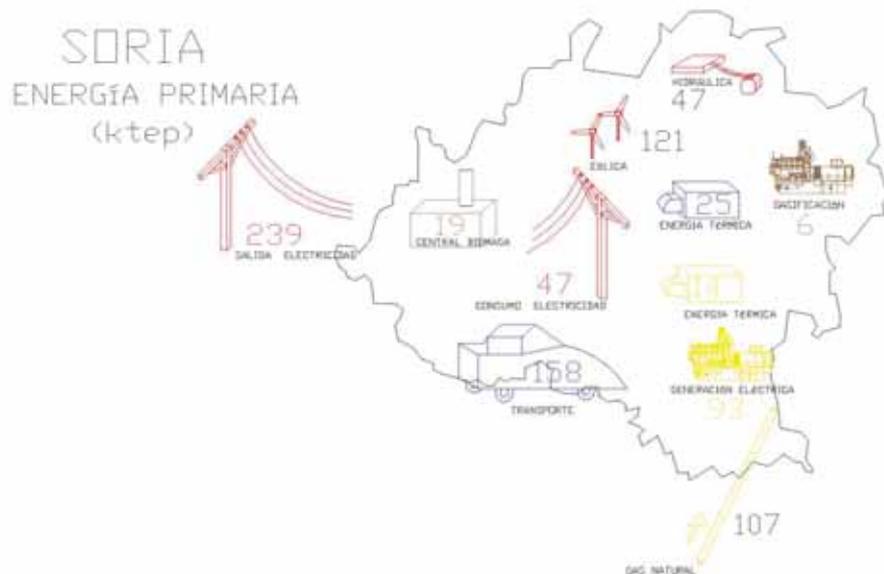


Figura 82. Distribución de energía en Soria por sectores

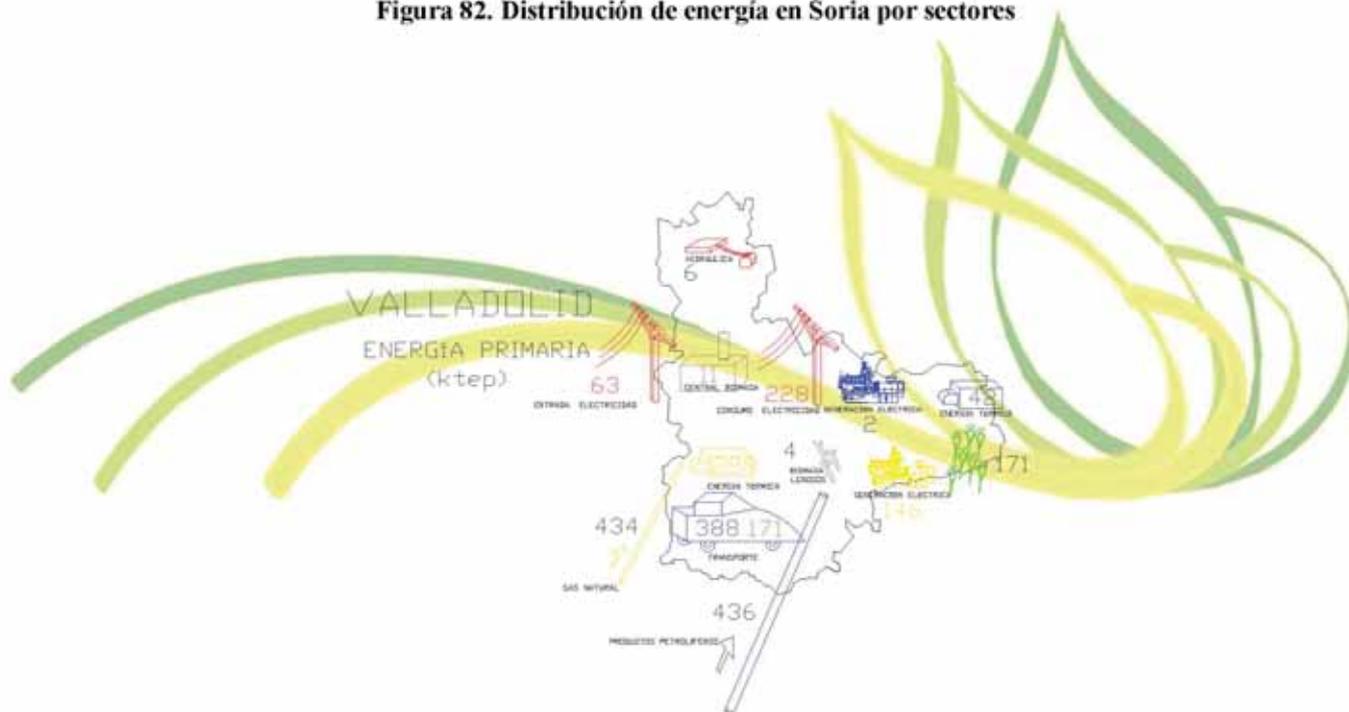


Figura 83. Distribución de energía en Valladolid por sectores

V. Conclusiones Generales



Figura 84. Distribución de energía en Salamanca por sectores

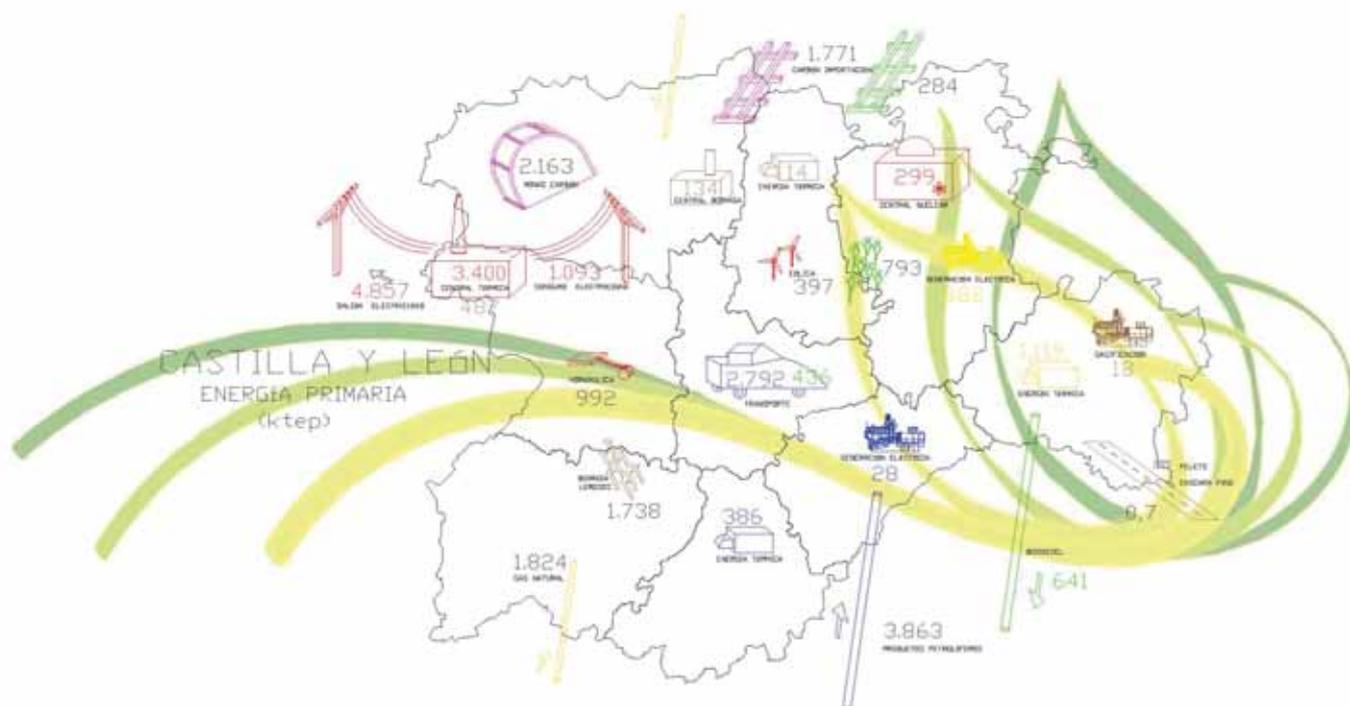


Figura 85. Distribución de energía en Castilla y León por sectores

V.3 Conclusiones y recomendaciones

Respecto a los Alcoholes

Se puede recomendar su uso generalizado. En las zonas templadas no sería rentable, de acuerdo con los conocimientos y desarrollo tecnológico actuales, ni aconsejable el fijar recursos que se podrían emplear mejor en otras tecnologías. En las zonas tropicales se podría usar como complemento de los combustibles fósiles de forma puntual, pero también aquí sería mejor invertir en otras tecnologías de mayor eficacia.

Respecto de los aceites

Se llega a la conclusión que el uso generalizado de éste tipo de biocombustibles, no es recomendable. Su uso puntual sí, en zonas de especial protección como parques naturales acuáticos o zonas de captación de aguas, así como su uso general frente a lubricantes sintéticos, debido a su menor toxicidad en caso de derrame o vertido. Su principal desventaja radica en la enorme necesidad de espacio que sería preciso para cubrir las necesidades de combustible, lo cual llevaría a la destrucción de zonas de refugio de otras especies así como bosques.

Ejemplo de España, con un automóvil cada tres habitantes y una población de unos 40 millones, con lo cual resultan 13,3 millones de vehículos, es decir 13,3 millones de hectáreas precisas, que en realidad serían muchas más pues el rendimiento con el clima en la península dista mucho de los países de Centro-Europa. Ello supondría que más de un tercio de la superficie total (50,6 millones de Ha.) sería precisa para el cultivo.

VI Agradecimientos

A las secciones sindicales de Comisiones Obreras de las empresas:

- Grupo Endesa, S.A.
- Unión FENOSA.
- Grupo Iberdrola
- Red Eléctrica de España

A las empresas:

- LM Glasfiber Española
- Vestas Control Systems Spain
- Gamesa
- Comonor



VII Bibliografía

VII.1 Libros

Para la realización de este proyecto se han consultado los siguientes libros y documentos:

- Informes de la Revista Castilla y León Económica, años 2007-2008
- Informes de la fundación FUNSA, año 2007.
- Bases de datos del Instituto Nacional de Estadística, INE, años 2007-2008
- Estudios económicos de la Universidad de Valladolid, año 2007.
- Estudios Económicos de la Universidad Complutense de Madrid, año 2007.
- Estudios sobre el Sector del Ente Regional de la Energía, EREN.
- Estadística Energética de Castilla y León, primer trimestre 2007, Ente Regional de la Energía, EREN.
- Informes del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, año 2007.
- Convenios de las empresas del Sector, a través de nuestros delegados Provinciales.
- Principales magnitudes del Sector. CONFEMETAL, año 2007.
- Memoria 2006 del Instituto de Máquina Herramienta.
- Estadísticas del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Instituto Nacional de Estadística. Cifras de población referidas al 01/01/2005.
- Instituto Nacional de Estadística. E.P.A. 4º trimestre de 2005.

VII. Bibliografía

- Servicio Público de Empleo (INEM). Bases de datos de Data Warehouse. Datos extraídos en febrero 2007 (fecha de los datos: año 2006).
- Instituto Nacional de Estadística. E.P.A. 4º trimestre de 2005.
- Servicio Público de Empleo (INEM).
- Informes de la OIT, año 2007
- La negociación colectiva como instrumento para la igualdad laboral entre hombres y mujeres, Bonino Covas, C., Madrid. 2003
- El papel de la negociación colectiva en la regulación de la contratación temporal, Rocha Sánchez, Fernando, Madrid. 2006
- El mercado de trabajo. Análisis y políticas, Palacio Morena, J.I., Madrid. 2004
- Directiva 2006-54-CE sobre Igualdad de oportunidades y de trato entre hombres y mujeres.
- Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la Igualdad Efectiva entre Mujeres y Hombres
- Ley Orgánica 1/2004, de 28 de diciembre, de Medidas de Protección Integral contra la Violencia de Género.
- Carta Europea para la Igualdad Regional y Local, año 2007.
- Actividades de la comunidad económica Europea. Síntesis de la legislación.
- Asimov, I., Introducción a la ciencia, Ed. Orbis, 1987.
- Bullejos de la Higera, J. y col., Ciencias de la Naturaleza. Física y Química, Ed. Elzevir, 1993.

VII. Bibliografía

- BUN-CA (1994). "Commercially successful biomass energy projects in developing countries". Biomass Users Network: Oficina Regional para Centro América, San José, Costa Rica.
- BUN-CA (1995). Tecnologías para la conversión de energía biomásica. Seminario "Proyectos de generación eléctrica a partir de recursos biomásicos", Honduras, diciembre. 1995. Biomass Users Network: Oficina Regional para Centro América, San José, Costa Rica.
- BUN-CA (1995). Aspectos relacionados con la generación eléctrica a partir de residuos biomásicos. Seminario "Proyectos de generación eléctrica a partir de recursos biomásicos", Honduras, diciembre. 1995. Biomass Users Network: Oficina Regional para Centro América, San José, Costa Rica.
- BUN-CA (1997). "An overview of sugar cane co-generation in six Central American countries". Biomass Users Network: Oficina Regional para Centro América, San José, Costa Rica.
- CITME. Biocarburantes líquidos: biodiésel y bioetanol Universidad Rey Juan Carlos del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía. 2006
- CNE (1986). "Inventario y evaluación de los biodigestores en Costa Rica". Comisión Nacional de Energía, Costa Rica.
- De Juana, José M^a. (2002). Energías Renovables para el desarrollo. Thomson editores Paraninfo s.a.
- DSE (1986). "Potencial bioenergético de Costa Rica". Dirección Sectorial de Energía, Ministerio de Energía y Ambiente, San José, Costa Rica.
- FAO (1997). "Reunión regional sobre biomasa para la producción de energía y a alimentos". Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Cuba.

VII. Bibliografía

- ICE (1981). "Biomasa, fuente de energía". Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica.
- IDAE. Biocarburantes en el transporte. Septiembre 2006
- IDAE. González C.H. (1992). Manuales de energías renovables
- Leach, Gerald and Marcia Gowen (1987). "Household energy handbook, an interim guide and referente manual". World Bank Technical Paper 67, World Bank, Washington, USA.
- Menéndez E.M. (1997). Las energías renovables, un enfoque político-ecológico. Los libros de la catarata.
- RWEDP (2002). "Wood energy basics". Regional Wood Energy Development. Programme in Asia, Bangkok, Thailand. Disponible en <http://www.rwedp.org>.

VII.2 Internet

VII.2.1 General

- <http://bioenergy.ornl.gov> Bioenergy Information Network.
- <http://q.unsa.edu.ar/asades/actas2000/07-07.html> Papel energía vs contaminación.
- http://nti.educa.rcanaria.es/blas_cabrera/TER/BIOMA/BIOMA03.htm Muy completa descripción de la energía renovable.
- http://rredc.nrel.gov/biomass/states/bio_glossary/glossary.html Glosario de términos de energía de biomasa.
- <http://solstice.crest.org/renewables/SJ/glossary> Glosario de términos de energía renovable.
- <http://usuarios.lycos.es/biodieseltr/hobbies10.html> Fabricación casera de biodiesel.
- http://www.appa.es/dch/ener_espana.htm Estadística actualizada.
- http://www.catie.ac.cr/trof/TROF_ESP.htm Iniciativa que desarrolla una metodología de inventario y monitoreo de los recursos arbóreos fuera del bosque, con estudios en Costa Rica, Honduras y Guatemala.

VII. Bibliografía

- <http://www.energiasrenovables.com/paginas/ContenidoDiccionario.asp?ID=6> Muy completa descripción de la energía renovable.
- <http://www.eren.doe.gov/RE/bioenergy.html> Sitio informativo sobre la biomasa, de la Red de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EEUU.
- <http://www.eve.es> Muy educativa.
- <http://www.fao.org/forestry/fop/fopw/energy/cont-e.stm> Forest energy forum, boletín de la FAO.
- http://www.miliarium.com/Monografias/Energia/E_Renovables/Biomasa/PortadaB.asp Introducción a la biomasa
- <http://www.woodfuel.com> The Virtual woodfuel pipeline, mecanismo de mercado para compradores y suplidores de biomasa.

VII.2.2 Biodiesel

- <http://revista.consumer.es/web/es/20000101/medioambiente/> Biocombustibles líquidos.
- <http://usuarios.lycos.es/trbiodiesel/studies.html> Biocombustibles líquidos.
- <http://www.biodiesel.org> National Biodiesel Board de los Estados Unidos.
- <http://www.biodiesel-intl.com> BioDiesel International: empresa especializada en ingeniería de planta para procesar recursos biomásicos.
- <http://www.ciemat.es/proyectos/pderbiocombus.html> Biocombustibles líquidos.
- <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=234> Biocombustibles líquidos.
- <http://www.greenfuels.org> Canadian Renewable Fuel Association: organización, sin fines de lucro, que promueve el uso de biocombustibles para transporte.
- <http://www.journeytoforever.org> Biocombustibles líquidos.
- <http://www.ott.doe.gov/biofuels> U.S.'s Department of Energy National Biofuels Program.
- <http://www.worldenergy.net> World Energy: suplidora de combustibles de biomasa (biodiesel).

VII.2.3 Gasificación

- <http://www.bgtechnologies.net> Sitio web de la empresa BG Technologies USA Inc., la cual desarrolla y vende soluciones energéticas integrales para la industria, la agroindustria, la agricultura y el sector forestal, basados gasificación de biomasa.
- <http://www.future-energy.com> Future Energy Resources Corporation: desarrollador del proceso de gasificación de biomasa.
- <http://www.gasifiers.org> Inventario de gasificación, con un listado de instalaciones de gasificación y fabricantes de equipos en el mundo.

VII.2.4 Biogás

- <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/Recycle/biodig/manual.htm>
- <http://www.hcm.fpt.vn/inet/~recycle>
- <http://www.roseworthy.adelaide.edu.au/~pharris/biogas/beginners.html>

VII.2.5 Información educativa

- <http://solstice.crest.org/renewables/re-kiosk/biomass/index.shtml> Sitio informativo sobre aplicaciones, tecnologías y aspectos económicos de la energía de biomasa.
- <http://www.cookstove.net> Sitio web sobre mejoras de estufas de biomasa.
- http://www.nrel.gov/documents/biomass_energy.html Sitio del Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los EEUU, enfocado en energía de biomasa.
- <http://www.rwedp.org> Sitio de proyecto de biomasa de la FAO en Asia, con información variada sobre su producción, procesamiento y uso relevante para Centroamérica.

VII.2.6 Fabricantes y empresas consultoras

- <http://www.biomasscombustion.com> Biomass Combustión Systems: empresa que provee servicios de evaluación, diseño y operación de proyectos para calderas y hornos industriales con base en leña.

VII. Bibliografía

- <http://www.btgworld.com> Biomass Technology Group: empresa holandesa de consultoría, investigación e ingeniería, especializada en la producción de energía a partir de la biomasa y sus desechos.
- <http://www.dials.es> Empresa consultora dedicada a la formación y consultoría en calidad, medio ambiente, prevención de riesgos laborales, recursos humanos, energía e I+D+i
- <http://www.dersa.es> Empresa dedicada a energías renovables
- <http://www.dynamotive.com> Dynamotive: empresa que se dedica al desarrollo y la comercialización de sistemas de energía basados en biomasa.
- <http://www.soton.ac.uk/~env/research/wastemanage/anaerobic.htm> Digestotes.
- http://medioambiente.geoscopio.com/medioambiente/temas/tema10/10c_ultenerg.php Cultivos energéticos.
- <http://www.emison.com/139.HTM> Hornos de pirólisis.
- http://grupos.unican.es/control_proy/Javier%20Bilbao2.htm Pirólisis.
- www.sagan-gea.org/.../paginas/hoja20.html Las plantas y la luz
- www.serviciosomicron.es/industrial/biomasa.htm Producción de biomasa de orujillo
- <http://centros5.pntic.mec.es/ies.de.bullas/dp/sociales/cuellar-energia.htm> Central de Cuellar.
- <http://habitat.aq.upm.es/bpes/onu00/bp347.html> Central de Cuellar.
- <http://www.standardkessel.net/> Empresa dedicada a las plantas de energía
- <http://www.otsi.es/> Listado de las empresas o proyectos de plantas de cogeneración.
- www.fae.sk/Dieret/Biomass/biomass.html Muy completa en inglés
- <http://www.idae.es/home/home.asp> Pagina completa con los proyectos y futuro de las energías renovables en España. Legislación...
- <http://cabierta.uchile.cl/revista/16/articulos/paper5/> Fotosíntesis
- <http://thales.cica.es> Alejo García M. R., Producción de electricidad,.

VII. Bibliografía

- <http://www.ccoo.es/publicaciones/periodicas.html> Dossier: Biomasa una fuente de energía, Daphnia (boletín informativo sobre la producción de la contaminación y la producción limpia), nº 25, julio 2001..
- <http://www.energias-renovables.com/index.asp>
- www.novaenergia.org
- <http://www.renewables2004.de/pdf/tbp/TBP11-biomass.pdf> Karekezi, S., Lata, K., Coelho, S.T. Traditional biomass energy. International Conference for Renewable Energies. Bonn (Germany), 2004.
- http://www.undp.org/energy/publications/2002/Clean_Energy_Biomass.pdf ESDG-UNDP Clean Energy for Development and Economic growth: biomass and other renewable energy options to meet energy and development needs in poor nations. UNPD.
- http://www.itdg.org/docs/technical_information_service/biomass.pdf Intermediate Development Group – ITDG. Technical brief – Biomass. ITDG, Reino Unido.
- <http://www.itdg.org/docs/energy/EnergyBooklet3.pdf> Intermediate Development Group – ITDG Technology... is only half the story. Addressing the market for renewable energy in developing countries. ITDG, Reino Unido.
- http://www.itdg.org/docs/technical_information_service/biogas_liquid_fuels.pdf Intermediate Development Group – ITDG. Technical brief – Biogas and liquid biofuels. ITDG, Reino Unido
- http://www.itdg.org/docs/technical_information_service/stoves_institutional.pdf Intermediate Development Group – ITDG. Technical brief – Stoves for institutional and commercial kitchens. ITDG, Reino Unido

VIII Anexos

VIII.1 Unidades y conversión

| | |
|--------------------|---|
| A | Amperio |
| CA | Corriente alterna |
| Ah | Amperio-hora |
| B/N | Blanco y negro |
| Btu | Unidad térmica británica (1 Btu = 1055.06 J) |
| BUN | Biomass Users Network |
| CO | Monóxido de carbono |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| CD | Corriente directa |
| EPDM | Ethylene Propylene Diene Monomer |
| G | Giga (10 ⁹) |
| GEF/FMAM | Fondo para el Medio Ambiente Mundial |
| Gls | Galones |
| GTZ | Cooperación alemana para el desarrollo |
| Gw | Giga vatio (10 ⁹ vatios) |
| GWh | Giga vatios hora |
| HCs | Hidrocarburos |
| HR | Humedad relativa |
| Hz | Hertz |
| J | Joule (0,239 caloría ó 9,48 x 10 ⁻⁴ , unidades térmicas británicas, Btu) |
| J/s | Joules por segundo |
| K | Kilo (10 ³) |
| Km/s | Kilómetros por segundo |
| kW | (1000 vatios) -unidad de potencia |
| kW/m ² | Kilovatios por metro cuadrado |
| kWh | Kilovatio hora |
| kWh/m ² | Kilovatio hora por metro cuadrado |
| LPG | Gas de petróleo líquido |
| L | Litros |
| M | Mega (10 ⁶) |
| m ² | Metro cuadrado |
| m ³ | Metros cúbicos |
| Mm | Milímetros |
| m/s | Metros por segundo |
| MW | Mega vatios |
| °C | Grados Centígrados |
| ONG | Organización No Gubernamental |
| Psig | Libras de presión por pulgada cuadrada |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| PV | Fotovoltaico (por sus siglas en inglés) |
| PVC | Cloruro de polivinilo |
| T | Tera (10 ¹²) |

VIII. Anexos

| | |
|------------------|--|
| TCe | Toneladas de carbón equivalente |
| TM | Tonelada métrica |
| US\$ | Dólares USA |
| UV | Ultravioleta |
| V | Voltios (el monto de "presión" de electricidad) |
| W | Vatios (la medida de energía eléctrica, Voltios x amperios = vatios) |
| Wp | Vatios pico |
| W/m ² | Vatios por metro cuadrado |





OBSERVATORIO INDUSTRIAL DEL SECTOR DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN



**Junta de
Castilla y León**
Consejería de Economía y Empleo

Ade
Inversiones y Servicios

cecale



Federación Minero-metalúrgica
CCOOR