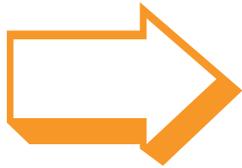


Plan de Implementación a 2015

del sector español de la bioenergía



Plan de Implementación a 2015



El Plan de Implementación a 2015 de BIOPLAT se ha elaborado como consecuencia de los resultados obtenidos del análisis de la implementación que se ha llevado a cabo en el sector español de la bioenergía de las Líneas Estratégicas de Implementación de BIOPLAT que se publicaron en 2009.

Dicho análisis ha permitido conocer en qué áreas tecnológicas se han desarrollado más proyectos de I+D+i en los últimos años y en cuáles menos. Una vez obtenidos estos grados de implementación se determinan qué áreas estratégicas de I+D+i continúan siendo prioritarias para el sector y cuáles no, de manera que se obtiene un conjunto de las mismas cuya implementación continúa siendo importante para el sector español de la bioenergía. Esta información se utiliza como base del trabajo que se lleva a cabo por todos los miembros de la Plataforma liderados por los Coordinadores de los Grupos y Subgrupos de Trabajo a los que pertenecen, que a partir de las áreas estratégicas que continúan siendo importantes, comienzan a trabajar sobre todas las cadenas de valor existentes en bioenergía (desde la materia prima, pasando por la tecnología empleada para la transformación en energía, y hasta el uso energético final) determinando sobre las mismas qué cadenas de valor son las prioritarias a desarrollar tecnológicamente en el horizonte 2015.

Para llevar a cabo este análisis de las cadenas de valor prioritarias en bioenergía además del criterio nacional (de los miembros de BIOPLAT, y de las plataformas tecnológicas nacionales relacionadas) se han considerado las tendencias europeas en el ámbito de la I+D+i en bioenergía que están recogidas en el European Strategic Energy Technology Plan -SET-Plan- (Plan

Estratégico en Tecnologías Energéticas), tanto en la European Industrial Bioenergy Initiative -EIBI- (Iniciativa Europea Industrial en Bioenergía) como en el Joint Programme of Research in Bioenergy (Programa Conjunto de Investigación en Bioenergía) de la European Energy Research Alliance -EERA- (Alianza Europea de Investigación en Energía), así como en las plataformas tecnológicas europeas en bioenergía espejo de la española, la European Biofuels Technology Platform -EBTP- (Plataforma Tecnológica Europea de Biocombustibles) y la European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling -RHC-Platform- (Plataforma Tecnológica Europea de Climatización Renovable). Con toda esta información, y tras un año de intenso trabajo de síntesis, priorización y consenso, se han determinado las cadenas de valor prioritarias a desarrollar en los próximos años por el sector español de la bioenergía. Se considera que la implementación de estas cadenas de valor contribuirá a que se produzca un avance sustancial en la curva de aprendizaje de las tecnologías bioenergéticas, y que éstas tengan cada vez un mayor impacto en el mercado, primero nacional luego internacional. De esta manera se fomentará la implantación de industrias bioenergéticas en nuestro país, con alta intensidad de creación de empleo asociado a las mismas, y cada vez más competitivas tanto dentro como fuera de nuestras fronteras.

Los miembros de BIOPLAT constituyen los engranajes que hacen posible que la Plataforma sea cada año una herramienta más útil no solo para ellos mismos, sino para todos los agentes con los que interacciona tanto públicos como privados, y a todos los niveles: local, regional, nacional y europeo. Gracias por vuestro apoyo constante y por sentir esta Plataforma como vuestra, por sentirnos orgullosos de ella. En ello radica la fortaleza de BIOPLAT y el valor de todo lo que sale de ella.

Muchas gracias igualmente a los miembros del Grupo Coordinador de BIOPLAT por conducir a la Plataforma siempre sobre la senda de la excelencia, por aportar de manera constante no solo su valiosísimo criterio sino las horas de trabajo y la ilusión suficientes para conseguir convertir en realidad cualquier reto que se plantee en BIOPLAT por difícil que sea.

Y por supuesto gracias al Ministerio de Ciencia e Innovación, y en concreto a la Subdirección General de Estrategias de Colaboración Público-Privada, por hacer posible la existencia de BIOPLAT; y por, al igual que IDAE, CDTI y CIEMAT, colaborar, acoger y respaldar todas las iniciativas y actividades que se ponen en marcha en BIOPLAT.



1. INTRODUCCIÓN	7
2. ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN PARA 2012-2015	21
2.1 Visión general de las actividades principales	21
2.2 Escalabilidad o tipologías de proyecto en los que implementar las cadenas de valor	28
2.3 Valoración económica del Plan de Implementación	30
3. MODALIDADES DE IMPLEMENTACIÓN SUGERIDAS: CRITERIOS DE SELECCIÓN Y MECANISMOS DE SEGUIMIENTO	35
3.1 Principios generales para los procedimientos de selección de proyectos. Propuesta de criterios de elegibilidad	35
3.2 Mecanismos de seguimiento de proyectos: indicadores de nivel de implementación	36
ANEXO: CADENAS DE VALOR, DESCRIPCIÓN RESUMIDA Y EJEMPLOS DE PROYECTOS YA INICIADOS	38
I. CADENA DE VALOR: Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa	41
II. CADENA DE VALOR: Producción y utilización de biocombustibles sólidos para gasificación	42
III. CADENA DE VALOR: Producción y uso del biogás	44
IV. CADENA DE VALOR: Conversión de azúcares y almidón en bioetanol	47
V. CADENA DE VALOR: Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes	49
VI. CADENA DE VALOR: Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles	51
VII. CADENA DE VALOR: Digestión de biomasa para generación de biogás	54
VIII. CADENA DE VALOR: Conversión pirolítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading	55
IX. CADENA DE VALOR: Conversión catalítica de azúcares en combustibles y químicos	57
X. CADENA DE VALOR: Plataforma aceites (conversión convencional + hidrotratamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil)	59
VECTORES BIOENERGÉTICOS INTERMEDIOS	61
MATERIAS PRIMAS	62
REFERENCIAS	68

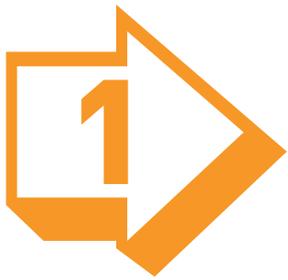
Índice de figuras:

Figura 1, Tipos de biomasa estudiados en PER 2011-2020	8
Figura 2, Esquema Estrategia E2i	15

Índice de tablas:

Tabla 1, Potenciales de biogás	8
Tabla 2, Biomasa potencial frente a biomasa necesaria para cumplimiento de objetivos (toneladas/año)	9
Tabla 3, Potencial otros residuos biomásicos	9
Tabla 4, Estimación generación biomasa	11
Tabla 5, Residuos potenciales para valorizar	11
Tabla 6, Resumen balance económico retribución biomasas	12
Tabla 7. Balance económico biomasa	14
Tabla 8. Balance económico biogás agroganadero	14
Tabla 9, Listado de las cadenas de valor	22
Tabla10, Cadenas de valor para los bloques termoeléctrico y transporte	23, 40
Tabla 11, Cadena de valor para bloque de vectores bioenergéticos	27, 61
Tabla 12, Listado de materias primas y sus retos	28, 62
Tabla 13, Esquema estimación valoración económica cadenas de valor	30
Tabla 14, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala laboratorio	31
Tabla 15, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala piloto	31
Tabla 16, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala de demostración	32
Tabla 17, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala de planta insignia	32
Tabla 18, Valoración económica de implementación de los retos asociados a materias primas	33
Tabla 19, Refinado según proceso de síntesis	52
Tabla 20, Procesos de pirólisis	56





Introducción

La bioenergía es una fuente de energía renovable clave para cumplir los objetivos energéticos planteados en Europa y en España. Dichos objetivos pretenden conseguir un aumento en la diversificación de las fuentes de energía y una disminución de la elevada dependencia energética externa, así como de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La magnitud de la bioenergía en España es innegable dado el importantísimo potencial biomásico con el que cuenta nuestro país. En los estudios de evaluación del potencial que se han llevado cabo para establecer las acciones que deben implementarse para alcanzar los objetivos del nuevo Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, se ha cuantificado el potencial disponible que existe en España con horizonte 2020 para todos los usos aplicables a la bioenergía:

- Biocarburantes

Se estima que el potencial de producción de bioetanol en España en el horizonte 2020 teniendo en cuenta la capacidad de producción instalada prevista para esta fecha, será de 402 ktep/año. Esta estimación incluye también la capacidad de producción de bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos (el llamado bioetanol de segunda generación), que aparecería en el mercado español a mediados de la década y que podría suponer en 2020 un 13% del potencial total de producción de bioetanol.

Igualmente, el PER estima que el potencial de producción de biodiésel en España, teniendo en cuenta la capacidad de producción prevista en 2020, será de 4.373 ktep/año. La estimación asume que hasta 2020 entrarán en el mercado productos obtenidos a partir de biomasa lignocelulósica a través de procesos

termoquímicos, conocidos como BtL (Biomass-to-Liquid), que tendrían una cuota de mercado alrededor del 2% en 2020.

Cabe destacar que en el caso de los biocarburantes el potencial de producción no tiene por qué coincidir con el potencial de consumo, influenciado por diversas variables, entre las cuales se encuentran las obligaciones que se establezcan, el desarrollo de las mezclas etiquetadas, la disponibilidad de materia prima, las especificaciones técnicas de gasóleo y gasolina, las importaciones y exportaciones de biocarburantes.

Así, de acuerdo con el PER 2011-2020, el potencial de consumo de bioetanol en 2020 sería de 498 ktep, mientras que en el caso de biodiésel, éste variaría entre 2.458 ktep y 5.329 ktep, en función del grado de penetración comercial alcanzado por la mezcla etiquetada B30 (30% biodiésel y 70% gasóleo).

- Biogás

Para conocer el potencial total (biomasas técnicamente biodigestibles), accesible (parte del potencial total que puede recogerse, transportarse y almacenarse) y disponible (parte del potencial disponible descontando los usos alternativos) de generación de biogás en España, se han cuantificado fundamentalmente los siguientes recursos biomásicos biodigeribles:

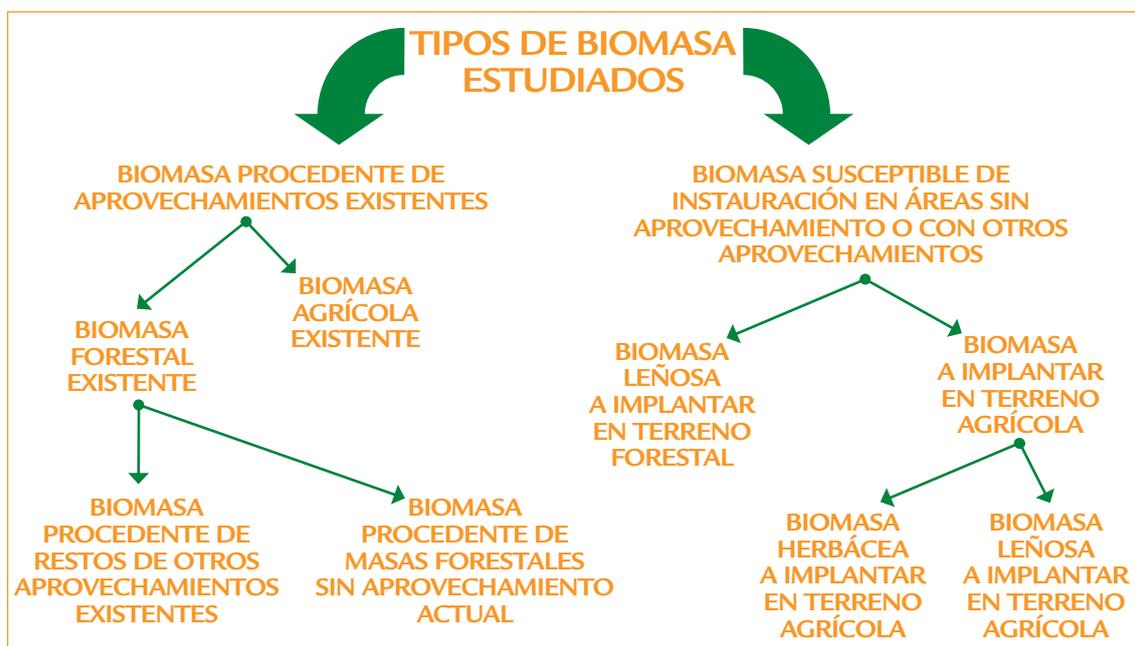
deyecciones ganaderas, residuos de la industria alimentaria, subproductos procedentes de las plantas de biocarburantes, y residuos de la distribución alimentaria y del sector hostelero, que dan lugar al denominado biogás agroindustrial. Los residuos sólidos urbanos (RSU), únicamente su contenido en materia orgánica, y los lodos de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) son

también susceptibles de ser biodigestados. Además, se ha considerado la producción de biogás procedente de la desgasificación de los vertederos, que se considera decreciente debido a la legislación comunitaria vigente que apunta a reducir progresivamente la cantidad de residuos biodegradables que se depositan en vertedero.

	POTENCIAL TOTAL (ktep)	POTENCIAL ACCESIBLE (ktep)	POTENCIAL DISPONIBLE (ktep)
Biogás agroindustrial	3.467,5	1.887,4	1.425,1
Biogás de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU)	778,1	311,2	124,5
Biogás de lodos EDAR	164,4	123,3	123,3
Biogás de vertedero	957,9	208,8	145,6
TOTAL	4.589,8	2.321,9	1.818,5

FUENTE: PER 2011-2020.
Tabla1, Potenciales de biogás.

- Biomasa
Para conocer el potencial de biomasa en España se han cuantificado las biomases de origen industrial, únicamente las agrícolas y forestales:



FUENTE: PER 2011-2020.
Figura 1, Tipos de biomasa estudiados en PER 2011-2020.

Obteniéndose los valores de potencial de dichas biomásas que recoge la siguiente tabla:

PROCEDENCIA		BIOMASA POTENCIAL (t/año)	OBJETIVO PER 2020 (t/año)
Masas forestales existentes	Restos de aprovechamientos madereros	2.984.243	9.639.176
	Aprovechamiento del árbol completo	15.731.116	
Restos agrícolas	Herbáceos	14.434.566	5.908.116
	Leñosos	16.118.220	
Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola		17.737.868	
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola		6.598.861	2.518.563
Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno forestal		15.072.320	
TOTAL BIOMASA POTENCIAL EN ESPAÑA Datos en toneladas en verde (45% Humedad)		88.677.193	18.065.855

FUENTE: PER 2011-2020.

Tabla 2, Biomasa potencial frente a biomasa necesaria para cumplimiento de objetivos (toneladas/año).

Como referencia para apreciar la magnitud que suponen los más de 88 millones de toneladas anuales de biomasa agrícola y forestal que existen en España, apuntar que en el año 2006 se consumieron casi 8 millones de toneladas, por lo que el potencial de expansión disponible para la biomasa en España se antoja, cuanto menos, extraordinario.

- Otros residuos biomásicos

De acuerdo la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, se entiende por biomasa: la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias, de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales. Por lo que además deben ser considerados los siguientes potenciales:

RESIDUO	% RENOVABLE	ktep RENOVABLES	MW / GWh _e RENOVABLES
Combustibles sólidos recuperados procedentes de RSU	50%	243	-----
RSU	50%	2.125	824 MW renovables
Residuos industria fabricación papel	59%	460	1.339 GWh _e renovables
Vehículos fuera de uso	18%	48	139 GWh _e renovables
Neumáticos usados	25,5%	10	30 GWh _e renovables
Madera recuperada	100%	408	1.187 GWh _e renovables
Lodos EDAR	100%	89	258 GWh _e renovables
Residuos construcción y demolición	50%	662	1.925 GWh _e renovables
TOTAL		4.045	

FUENTE: PER 2011-2020.

Tabla 3, Potencial otros residuos biomásicos.

Aunque de acuerdo a lo establecido en el Anexo II del Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, no todos estos residuos pueden considerarse biomasa a efectos de la normativa española (a pesar de que dicho Real Decreto asuma la definición dada por la Directiva Europea), por lo que varios de ellos están incluidos bajo la Categoría c) “Residuos” de dicho Real Decreto en lugar de en la Categoría b) “Energías Renovables”, que es donde están comprendidas las biomásas.

A pesar de contar en España con este enorme potencial para generar bioenergía, y con un sector empresarial y científico-tecnológico plenamente consolidado y maduro para llevarlo a cabo, esta energía renovable no ha tenido el desarrollo esperado en ninguna de sus vertientes, ni como generadora de energía térmica y eléctrica ni como generadora de biocombustibles para el transporte. ¿Por qué? Esa es la gran pregunta.

Respecto al sector de las biomásas para generación térmica y eléctrica, en España son innumerables las llamadas de atención que se han hecho por parte del sector para alertar de su escasa evolución a lo largo de los últimos años, evolución que la propia Comisión Nacional de la Energía cifra en 166 meses, que es el tiempo en el que estima se alcanzará el objetivo para la biomasa eléctrica fijado en el anterior PER 2005-2010. Es decir, que dado el histórico existente en lo que a velocidad de implantación se refiere ($MW_{\text{instalados}}/\text{mes}$), se podría llegar a alcanzar el objetivo de 1.317 MW establecido para 2010, catorce años después. En lo que a penetración de la biomasa térmica se refiere, resulta complicado conocer datos al respecto al no existir un registro oficial de energías renovables térmicas, pero la estimación que se hace en el PER 2011-2020 es de 3.655 ktep consumidas en 2010, igualmente lejos del objetivo establecido.

En el caso de los biocarburantes, se presenta un panorama extremadamente complicado, especialmente en el sector del biodiésel. A pesar del importante incremento de la capacidad instalada de producción durante los últimos años, el volumen de biodiésel fabricado ha estado muy por debajo de la misma, llevando a las 49

plantas existentes actualmente a una situación crítica. Para poder fomentar el mayor consumo de los biocarburantes en España y aprovechar su potencial de producción el sector entiende que es preciso introducir una serie de medidas regulatorias urgentes.

Por una parte, no se cumplió el objetivo de consumo de biocarburantes para 2010 de 5,83% (en términos energéticos) previsto tanto en el PER 2005-2010, como en la Orden Ministerial ITC/2877/2008, llegándose únicamente a una cuota de consumo de los biocarburantes sobre gasóleo y gasolinas del 4,99%, según los datos del PER 2011-2020.

Por otra parte, a pesar de los objetivos crecientes de consumo entre 2005 y 2010, el mercado nacional de biodiésel ha sido distorsionado por prácticas comerciales ilegales y desleales: primero por parte de los Estados Unidos (un asunto en gran parte resuelto por los reglamentos adoptados por la Comisión Europea en 2009 y 2011) y luego por parte de Argentina e Indonesia, debido a las tasas diferenciales a la exportación aplicadas por estos países.

En lo que concierne al sector del bioetanol, aunque el ratio de funcionamiento de las cuatro plantas españolas (80%) es superior al de las plantas de biodiésel, el preocupante incremento en las importaciones de bioetanol puede llevar a este sector también a experimentar una difícil tesitura.

El desarrollo del sector de biocarburantes a lo largo de la próxima década precisa medidas concretas para frenar las actuales prácticas comerciales desleales, que deberían venir acompañadas necesariamente por actuaciones encaminadas al fomento de la I+D+i que aseguren la competitividad y la sostenibilidad del sector a medio y largo plazo.

Esto es debido a que el encarecimiento de las materias primas y la necesidad de cumplimiento con los estrictos criterios obligatorios de sostenibilidad fijados por la UE hacen imprescindible el desarrollo de nuevas materias biomásicas para la fabricación de los

biocarburantes, como materiales lignocelulósicos, residuos o algas, así como la mejora de los procesos productivos actuales y el fomento de tecnologías de producción alternativas. Dichos desarrollos y su implementación favorecerán el cumplimiento de los objetivos obligatorios de consumo establecidos en España para los años 2011, 2012 y 2013 así como el objetivo obligatorio mínimo establecido en la Directiva de Energías Renovables por el que el 10% de la energía consumida en el sector transporte deberá proceder de fuentes renovables. Tanto el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020 como el PER 2011-2020 prevén que dicho objetivo se alcance fundamentalmente con el uso de biocarburantes.

Respecto a las biomásas térmicas y eléctricas, el estancamiento que se ha instalado en el sector contrasta con los datos oficiales publicados acerca del gran potencial de materias primas biomásicas con el que cuenta España, y ponen de manifiesto que se está desaprovechando una valiosa oportunidad de desarrollo de una energía renovable cuyos beneficios para España no se limitan a la producción de energía, sino que cuenta con importantísimos efectos positivos en los ámbitos medioambientales y socioeconómicos a todas las escalas: rural, regional y nacional.

Las distintas tecnologías de conversión de biomásas en energía eléctrica y térmica viables actualmente en España son la combustión, la gasificación y la biodigestión (todas sucintamente explicadas en el documento Visión a 2030 de BIOPLAT). Se trata de tecnologías que combinadas con la amplia diversidad de combustibles biomásicos disponibles la convierten en una energía renovable especialmente versátil, al permitir que la valorización de biomásas pueda hacerse en base a los biocombustibles específicos con los que cuenta cada agente y con una potencia de producción térmica y eléctrica igualmente basada en la cantidad disponible de dichos biocombustibles. Por ello, la biomasa es una energía renovable practicable, a priori, para cualquiera que cuente con un abastecimiento continuo de biocombustibles, razón por la cual resulta atractiva para una gran diversidad de agentes que pertenecen a sectores

tales como el agrícola, el forestal, ganadero, alimentario, etc. donde se producen de manera constante las materias primas biomásicas, que en ocasiones suponen un problema para dichos sectores al ser subproductos o residuos de sus actividades principales, y que por lo tanto deben gestionar adecuadamente para impedir el abandono, el enterramiento, el vertido o la quema incontrolada de los mismos.

La valorización energética es la clara solución para la gestión de dichas biomásas. Se estima se generan anualmente:

Biomasa de PODA DE OLIVAR	de 2 a 3 t/ha y año
Biomasa de PODA DE VIÑEDO (sin contar los miles de hectáreas de cepas arrancadas que se queman sin ser valorizadas)	de 0,75 a 1,5 t/ha y año
Biomasa de PODA DE ÁRBOLES FRUTALES	de 1,5 a 4 t/ha y año
RESIDUOS VEGETALES DE INVERNADERO	de 40 a 50 t/ha y año

FUENTE: APPA Biomasa.
Tabla 4, Estimación generación biomasa.

Sólo el cumplimiento de los objetivos del anterior PER 2005-2010 hubiera evitado el vertido incontrolado de 7 millones de toneladas de residuos, sin embargo el potencial de generación de residuos biomásicos que se generan anualmente en el medio rural, tales como residuos agrícolas herbáceos y leñosos, residuos ganaderos, residuos de las industrias alimentarias entre otros, es tremendamente importante tal y como desvelan los datos del PER 2011-2020 (ver tablas 1, 2 y 4, así como el estudio de apoyo a la elaboración del Plan de Energías Renovables 2011-2020 “Evaluación del Potencial de la Biomasa”), y tal y como recoge la tabla que aparece a continuación:

Ganadería intensiva→Estiércol	64 mill.t/año
Ganadería intensiva→Purines	53 mill.t/año
Residuos aceite oliva	2 mill.t/año
Residuos industria alimentaria	1,3 mill.t/año
Residuos de frutos secos y cascara de arroz	0,3 mill.t/año
Lodos de EDAR	1,2 mill.t/año (de los que 0,8 mill.t/año se vierten en campos)

FUENTE: APPA Biomasa.
Tabla 5, Residuos potenciales para valorizar.

Mención aparte merecen los incendios forestales, que devastan cada verano los montes españoles. Una gestión adecuada de los mismos que llevara implícita la valorización energética de las biomásas forestales que se extrajeran como consecuencia de la misma supondría evitar del 50 al 70% de los incendios forestales, según la Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España -COSE-.

Todos los importantes beneficios medioambientales mencionados, conllevan además importantes ahorros en tratamientos repobladores, restauradores, etc. de las condiciones ambientales afectadas por las consecuencias del abandono de los residuos. Uno de los más importantes es el que se deriva de la producción de biogás en instalaciones de biodigestión de biomásas, al tener como efecto añadido el importante ahorro que supone el impedir el vertido de deyecciones animales cuya descomposición genera una muy significativa producción de metano (contaminante con un potencial de calentamiento global 23 veces superior al del CO₂). El controlar dicha biodigestión en reactores en los cuales se genera un biogás que puede ser utilizado para generar energía térmica y/o eléctrica, o bien ser inyectado en las redes de gas, supone que España ahorre (en términos económicos) en la compra de derechos de emisión 9,2 millones de toneladas de CO₂ equivalente al año, según cálculos de la “Unión por el Biogás” (coalición APPA Biomasa – Asociación de Empresas para el Desimpacto Ambiental de los Purines -ADAP). Igualmente es importante llevar a cabo un tratamiento adecuado de residuos agroindustriales y/o la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Además de la producción de energía térmica y eléctrica renovable, y de transformar de residuos a recursos numerosas materias primas biomásicas, el desarrollo de estos sectores conllevaría la implantación de instalaciones e industrias biomásicas en el medio rural cuya gestión fomentaría su dinamización al generar numerosos puestos de trabajo tanto directos como indirectos (fundamentalmente vinculados a la logística del suministro de biomásas), con la subsecuente creación de riqueza y fijación de población que tanta falta hace.

Del estudio “Balance Económico de la actualización de las retribuciones a la producción eléctrica a partir de las biomásas” que la entidad consultora Analistas Financieros Internacionales -AFI- realizó para APPA Biomasa (julio de 2011) se extraen los siguientes datos, que demuestran que las plantas de biomasa eléctrica en funcionamiento a fecha julio de 2011 en España, a pesar de ser una cantidad de MW muy alejada de la que marcaba el objetivo a 2010, suponen unos beneficios económicos que superan en casi cuarenta y seis millones de euros las primas que se desembolsan vinculadas a su producción eléctrica. Es decir, la biomasa devuelve con creces la inversión prestada:



FUENTE: AFI – Balance Económico de la actualización de las retribuciones a la producción eléctrica a partir de las biomásas. Tabla 6, Resumen balance económico retribución biomásas.

En el mismo estudio se demuestra que si se introdujeran mejoras en los marcos regulatorio y retributivo de las biomásas, podrían desarrollarse los proyectos actualmente en tramitación (de acuerdo con el Inventario de Plantas de los Socios de APPA Biomasa 2011), los cuales implicarían para España una



ganancia neta anual cuantificada económicamente en setenta y dos millones de euros según queda recogido en la siguiente tabla:

BALANCE ECONÓMICO DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS BIOMASAS (PLANTAS EN PROYECTO DE LOS SOCIOS DE APPA BIOMASA)									
PRIMA EFECTIVA: 695,7 MILL €	<table border="0"> <tr> <td>Contribución fiscal:</td> <td>402,6 mill €</td> </tr> <tr> <td>Ahorro por incendios evitados:</td> <td>245,0 mill €</td> </tr> <tr> <td>Ahorro de prestaciones por desempleo evitadas:</td> <td>79,6 mill €</td> </tr> <tr> <td>Ahorro por emisiones de CO₂ evitadas:</td> <td>43,4 mill €</td> </tr> </table>	Contribución fiscal:	402,6 mill €	Ahorro por incendios evitados:	245,0 mill €	Ahorro de prestaciones por desempleo evitadas:	79,6 mill €	Ahorro por emisiones de CO ₂ evitadas:	43,4 mill €
Contribución fiscal:		402,6 mill €							
Ahorro por incendios evitados:	245,0 mill €								
Ahorro de prestaciones por desempleo evitadas:	79,6 mill €								
Ahorro por emisiones de CO ₂ evitadas:	43,4 mill €								
PLANTAS DE BIOMASA EN PROYECTO: 767,8 MILL €									
BALANCE ECONÓMICO POSITIVO: 72,1 MILL €									

Tabla 7. Balance económico biomasa.

Asimismo la consecución del objetivo de biogás del PER 2011-2020, implicaría un incremento de la capacidad de biogás agroganadero instalada en España de 223 MW hasta 2020. Dado el prácticamente nulo desarrollo que el biogás agroganadero ha tenido en España (14 MW instalados hasta diciembre de 2011), resulta obvio que el desarrollo del sector está condicionado por las mejoras que deben acometerse sobre los marcos tanto normativo como retributivo del mismo, de manera que si éstas se llevaran a cabo permitirían la consecución del objetivo a 2020, siendo el balance económico del sector positivo dado que generaría 59,5 millones de euros anuales:

BALANCE ECONÓMICO DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL BIOGÁS (PLANTAS EN PROYECTO DE LOS SOCIOS DE APPA BIOMASA)									
PRIMA EFECTIVA: 233,1 MILL €	<table border="0"> <tr> <td>Contribución fiscal:</td> <td>175,9 mill €</td> </tr> <tr> <td>Ahorro por incendios evitados:</td> <td>83,6 mill €</td> </tr> <tr> <td>Ahorro de prestaciones por desempleo evitadas:</td> <td>20,6 mill €</td> </tr> <tr> <td>Ahorro por emisiones de CO₂ evitadas:</td> <td>12,4 mill €</td> </tr> </table>	Contribución fiscal:	175,9 mill €	Ahorro por incendios evitados:	83,6 mill €	Ahorro de prestaciones por desempleo evitadas:	20,6 mill €	Ahorro por emisiones de CO ₂ evitadas:	12,4 mill €
Contribución fiscal:		175,9 mill €							
Ahorro por incendios evitados:	83,6 mill €								
Ahorro de prestaciones por desempleo evitadas:	20,6 mill €								
Ahorro por emisiones de CO ₂ evitadas:	12,4 mill €								
PLANTAS DE BIOMASA EN PROYECTO: 292,7 MILL €									
BALANCE ECONÓMICO POSITIVO: 59,5 MILL €									

Tabla 8. Balance económico biogás agroganadero.

Para que el sector de la biomasa térmica y eléctrica (incluyendo el biogás) se desarrolle hace falta que tanto la regulación como las medidas de apoyo que se implementen, además de ser las oportunas, se lleven a cabo de manera coordinada. El sector debe abordarse en su conjunto por los Ministerios de Industria, Turismo y Comercio -MITYC- y de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino -MARM-. Éstos deben pensar de una vez por todas en el sector como un todo, puesto que los beneficios de su desarrollo revierten en España en su conjunto. E igualmente integrar a las autonomías en el desarrollo e implementación de las políticas que permitan su éxito. La voluntad política resultará clave para instaurar este nuevo sector industrial en España, con capacidad para generar energía renovable en base a tecnología nacional, y a combustibles nacionales cuya valorización implica en muchos de los casos evitar graves problemas

medioambientales y sus consecuentes gastos, con un importante potencial generador de empleo local.

En el caso de los biocarburantes, su desarrollo conlleva también efectos positivos significativos en los ámbitos medioambientales y socioeconómicos. Más allá del importante papel que tienen los biocarburantes en general en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la diversificación del suministro de energía en el transporte y la seguridad energética, cabe destacar los importantes beneficios de los biocarburantes producidos a partir de desechos, residuos, materias celulósicas no alimentarias y material lignocelulósico.

Estos tipos de biocarburantes aseguran un ahorro de emisiones de GEI entre 83% y 95%

en comparación con los combustibles fósiles sustituidos, según los cálculos realizados por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas –CIEMAT-. Asimismo, a través de la utilización de desechos y residuos para la fabricación de biocarburantes se evita la gestión final de los mismos como residuos, viéndose beneficiados numerosos sectores, entre los cuales la industria aceitera y de producción de grasas animales, el sector hostelero, etc.

El potencial de materias primas para su producción en España es también bastante considerable. En el caso del biodiésel fabricado a partir de aceites de cocina usados, por ejemplo, el PER 2011-2020 estima que su potencial de recogida es de unas 280.000 toneladas, comparado con las 90.000 toneladas recogidas actualmente.

Desde el sector de la bioenergía, todos los esfuerzos además deben ir encaminados a cumplir los objetivos de la Directiva Europea de Energías Renovables 2009/28/CE -transpuestos a través de la Ley de Economía Sostenible 4/2011-, que propone las siguientes metas:

- Alcanzar una cuota mínima de un 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía de la UE para 2020.
- El 10% del total de la energía consumida por el sector transporte deberá proceder de fuentes de energía renovable.

Para ello será necesario que los agentes del sector (sistema ciencia-tecnología-empresa) continúen apostando cada día más por la I+D. Resulta por tanto de una importancia estratégica para el sector contar con la herramienta BIOPLAT como grupo público-privado de reflexión, análisis y discusión en bioenergía, desde donde se incentiva la cooperación tanto interempresarial como de las empresas con los agentes de innovación, y cuyo objeto es fomentar entre los mismos la investigación científico-tecnológica de manera que se establezcan importantes sinergias que impulsen la mejora de la capacidad tecnológica y conduzcan a una competitividad creciente del sector bioenergético español, así como a la

creación y consolidación del mercado innovador español de la bioenergía.

Todo ello en el ámbito de la Estrategia Estatal de Innovación (E2i) con la que el Ministerio de Ciencia e Innovación -MICINN- quiere contribuir al proceso de transformación hacia una economía sostenible, con empleos de alto valor añadido, y más estable ante fluctuaciones del ciclo económico.

La Estrategia Estatal de Innovación establece cinco ejes de actuación con el objetivo de situar a España en el noveno puesto mundial de la innovación en el año 2015. Los cinco ejes de actuación conforman el llamado “Pentágono de la Innovación”, y son:

- La creación de un entorno financiero favorable a la innovación empresarial.
- La dinamización de los mercados innovadores mediante la regulación y la compra pública.
- La integración territorial de las políticas de promoción de la innovación.
- La internacionalización de las actividades innovadoras.
- La potenciación de las personas mediante la incorporación de talento y capacidad innovadora al sector productivo.



FUENTE: MICINN.
Figura 2, Esquema Estrategia E2i.



Dado el marco nacional y teniendo en cuenta el contexto europeo de la I+D+i en general y en particular para la bioenergía, se ha desarrollado el Plan de Implementación de BIOPLAT a 2015, para lo cual se han tenido en cuenta en primer lugar las prioridades tecnológicas del sector bioenergético español con horizonte temporal 2015 (evaluando previamente la implementación experimentada por las Líneas Estratégicas de Investigación de BIOPLAT que se establecieron en 2009), así como los contenidos del área bioenergía del SET-Plan, en concreto los correspondientes al Programa Conjunto de Investigación en Bioenergía de la EERA y fundamentalmente a los de la EIBI, y los contenidos generados por las Plataformas Tecnológicas Europeas afines a BIOPLAT como son la Plataforma Tecnológica Europea de Biocombustibles y la Plataforma Tecnológica Europea de Climatización Renovable, así como las Plataformas Tecnológicas Nacionales relacionadas con el sector de la bioenergía.



Con toda esta información como punto de partida y como base para iniciar el proceso de elaboración del Plan de Implementación de BIOPLAT a 2015, se trabaja intensamente durante un año por todos los Grupos de Trabajo de BIOPLAT liderados por el Grupo Coordinador de BIOPLAT (constituido por los Coordinadores de la Grupos de Trabajo), siendo el resultado de dicho ejercicio de puesta en común, priorización y consenso, este documento.

El Plan de Implementación está estructurado en cadenas de valor innovadoras en bioenergía que bien continúan siendo una prioridad de I+D+i para el sector español de la bioenergía, o bien se trata de nuevas necesidades de I+D+i aún no desarrolladas en España ni en la UE. Estas nuevas áreas prioritarias en I+D+i en bioenergía no existen a escala comercial y se entiende su implantación a gran escala (en grandes unidades o con un mayor número de unidades más pequeñas) podría contribuir de manera sustancial al desarrollo del mercado de la bioenergía, siempre bajo los criterios establecidos por la Directiva Europea de Energías Renovables (2009/28/CE).

Los objetivos específicos del Plan de Implementación a 2015 de BIOPLAT son:

-  • La identificación y priorización de las necesidades españolas en I+D+i en bioenergía de forma que éstas se vean reflejadas en los programas de financiación de la I+D+i autonómicos, nacionales y europeos. Esto supondría maximizar las posibilidades de implementación del Plan, y por tanto grandes avances y progresos en el sector español de la bioenergía.
-  • Hacer crecer y consolidar el mercado español de la bioenergía y habilitar la comercialización de tecnología avanzada en bioenergía con el horizonte puesto en el año 2015, persiguiendo costes de producción competitivos respecto a los combustibles fósiles, y permitiendo que los biocombustibles consigan alcanzar un grado de desarrollo suficiente como para dar una respuesta autóctona, fiable y sostenible a las necesidades energéticas de España y Europa.
-  • Contribuir desde España y a través de la implantación de este Plan a fortalecer el liderazgo tecnológico mundial de Europa en combustibles renovables, fortaleciendo este sector industrial, que cuenta con un importante margen de crecimiento.

El núcleo de las actividades de este Plan se centra en la construcción y puesta en marcha de proyectos de demostración y/o plantas insignia para cadenas de valor innovadoras en bioenergía con un gran potencial de mercado. Asimismo entran igualmente dentro del ámbito del Plan aquellos proyectos centrados en las fases de investigación.

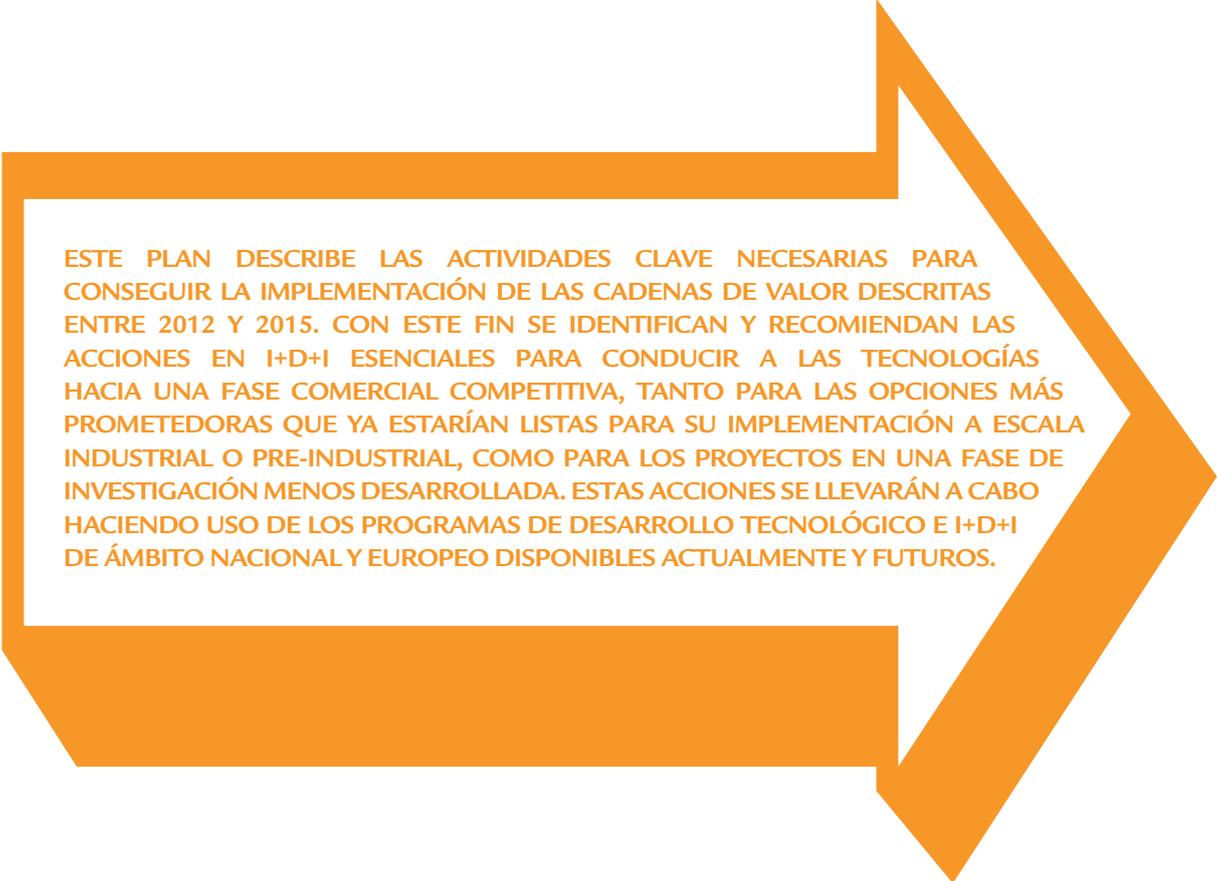
Debido a las altas inversiones requeridas y a los riesgos a afrontar (tecnológicos, materias primas, mercado de productos finales, marco legislativo), el mayor obstáculo para el progreso comercial a gran escala y la implantación de estas tecnologías innovadoras en bioenergía es la financiación de sus últimas fases de desarrollo. Esto supone un gran desafío para este Plan, que se afrontará fomentando los consorcios público-privados basados en una gestión eficiente combinada con mecanismos y fuentes de financiación eficientes.

El Plan de Implementación a 2015 de BIOPLAT define diez cadenas de valor en bioenergía, cuya implementación el sector español de la bioenergía considera podría suponer un importante efecto coadyuvante a la consecución de objetivos de fomento de energías renovables tanto de España como de la UE. Cada una de estas cadenas de valor 'genéricas', cuenta con distintos procesos que se han identificado en función de la materia prima biomásica escogida, de las tecnologías de conversión y/o productos obtenibles, permitiendo así disponer de un amplio conjunto de posibilidades de implementación por los

distintos agentes del sistema ciencia-tecnología-empresa que conforman este sector (empresas, centros tecnológicos públicos y privados, universidades, fundaciones, etc.).

El Plan de Implementación a 2015 de BIOPLAT propone un enfoque pragmático para seleccionar las opciones más prometedoras, sobre la base de unos criterios transparentes así como a un conjunto de beneficios socioeconómicos y medioambientales esperados. Cuenta con una flexibilidad que permite su ajuste tanto a las necesidades españolas como a las de la UE, fortaleciendo el desarrollo de innovaciones en bioenergía tanto en España como en Europa, al tiempo que también fortalece la industria y agentes tecnológicos nacionales, alcanzando la capacidad y la escala para lograr una contribución significativa a los objetivos climáticos y energéticos de la UE, y por supuesto compitiendo en un mercado global.

En línea con dichos objetivos climáticos, la sostenibilidad es una cuestión transversal en este Plan de Implementación. La sostenibilidad económica, social y medioambiental aplicada a la cadena de valor completa es un punto clave de los criterios propuestos para evaluar y seleccionar los proyectos dentro de esta iniciativa (ver el apartado 3.1). En este sentido se ha propuesto una cadena de valor complementaria que aborda todas las cuestiones transversales relativas a las materias primas biomásicas, incluyendo el aspecto crítico de su logística de aprovisionamiento.



ESTE PLAN DESCRIBE LAS ACTIVIDADES CLAVE NECESARIAS PARA CONSEGUIR LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS CADENAS DE VALOR DESCRITAS ENTRE 2012 Y 2015. CON ESTE FIN SE IDENTIFICAN Y RECOMIENDAN LAS ACCIONES EN I+D+I ESENCIALES PARA CONDUCIR A LAS TECNOLOGÍAS HACIA UNA FASE COMERCIAL COMPETITIVA, TANTO PARA LAS OPCIONES MÁS PROMETEDORAS QUE YA ESTARÍAN LISTAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN A ESCALA INDUSTRIAL O PRE-INDUSTRIAL, COMO PARA LOS PROYECTOS EN UNA FASE DE INVESTIGACIÓN MENOS DESARROLLADA. ESTAS ACCIONES SE LLEVARÁN A CABO HACIENDO USO DE LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E I+D+I DE ÁMBITO NACIONAL Y EUROPEO DISPONIBLES ACTUALMENTE Y FUTUROS.



Acciones de implementación en el periodo 2012-2015

2.1 VISIÓN GENERAL DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES

En línea con la EIBI y el Programa Conjunto de Investigación en Bioenergía de la EERA, las actividades principales o acciones de implementación establecidas para el periodo 2012-2015 buscan construir y poner en marcha los primeros proyectos, como puedan ser plantas de demostración y/o plantas insignia, que estén en condiciones de ser desarrollados. Este Plan presenta al completo el alcance esperado para las cadenas de valor de gran potencial definidas por el sector bioenergético español integrado en BIOPLAT. En principio, dentro de cada una de estas diez cadenas de valor “genéricas”, existen cadenas de valor “específicas” que pueden ser desarrolladas desde la escala piloto y de demostración hasta la escala industrial, en función de la tecnología y *know how* existentes. En la práctica, la Administración encargada de gestionar los fondos de fomento de la I+D+i será quien decida acotar el alcance de ciertas cadenas de valor dependiendo del tipo, fuentes y cantidad financiada. El Plan de Implementación a 2015 de BIOPLAT presenta un programa consistente y flexible, capaz de ajustarse a distintas fuentes y mecanismos de financiación, ya que estos

parámetros suelen variar en el tiempo.

Las diez cadenas de valor establecidas en el Plan de Implementación 2012-2015 de BIOPLAT se listan a continuación, y reflejan la variedad de materias primas y tecnologías de procesado a implementar en dicho periodo para el mercado español de la bioenergía. Cada una de las diez cadenas de valor debe entenderse en sí misma desde el punto de vista del concepto de biorrefinería. Así, los diversos co-productos que pueden producirse paralelamente a los fines energéticos principales (combustibles, electricidad y calor) deberán ser tenidos en cuenta si contribuyen a la viabilidad del proyecto.

CADENAS DE VALOR EN BIOENERGÍA QUE COMPRENDE EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN 2012-2015 DE BIOPLAT.

BLOQUE BIOENERGÉTICO	CADENA DE VALOR
Térmoeléctrico	I Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa
	II Producción y utilización de biocombustibles sólidos para gasificación
	III Producción y uso del biogás
Transporte	IV Conversión de azúcares y almidón en bioetanol
	V Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes
	VI Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles
	VII Digestión de biomasa para generación de biogás
	VIII Conversión pirolítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading
	IX Conversión catalítica de azúcares en combustibles y químicos
	X Plataforma aceites (conversión convencional + hidrotatamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil)

Tabla 9, Listado de las cadenas de valor.

Cada una de las cadenas de valor que se definen en el Plan de Implementación 2012-2015 de BIOPLAT consta de dos tipos de retos, los tecnológicos y los vinculados a su uso final. Se entiende por retos tecnológicos los aspectos que a lo largo de la cadena de valor cuentan con un margen de mejora tecnológica, la cual además resulta prioritaria para optimizar a su vez la cadena de valor al completo y por tanto son susceptibles de ser asimilables a proyectos de I+D+i que lo permitan. Los retos vinculados al uso final de la cadena de valor (algunos pueden considerarse como retos no tecnológicos) se traducen como el efecto directo sobre el mercado español de la biomasa que tendría lugar si se superaran los retos tecnológicos que constituyen cada cadena de valor.

CADENAS DE VALOR EN BIOENERGÍA INCLUYENDO LOS RETOS TECNOLÓGICOS Y DE USO FINAL QUE COMPRENDE CADA UNA DE ELLAS.

CADENA DE VALOR	RETOS TECNOLÓGICOS (listados según orden de prioridad)	RETOS DE USO FINAL (listados según orden de prioridad)
I Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa.	<ul style="list-style-type: none"> i. Desarrollo de instalaciones de combustión para multicombustibles biomásicos. ii. Reducción de las emisiones de los pequeños equipos de combustión. iii. Reducción de la sinterización y corrosión de los equipos de combustión. iv. Desarrollo de calderas y equipos de combustión para biomasas herbáceas y biomasas leñosas cuya combustión genera un contenido medio-alto en cenizas. v. Hibridación con otras tecnologías. vi. Mejora de la eficiencia en ciclos y equipos de combustión. vii. Valorización de cenizas y escorias. viii. Desarrollo de los ciclos de absorción para alcanzar mayores rendimientos en el proceso de refrigeración a partir de biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.). ii. Desarrollo del mercado de climatización con biomasa.
II Producción y utilización de biocombustibles sólidos para gasificación.	<ul style="list-style-type: none"> i. Sistemas de limpieza del gas de gasificación. ii. Desarrollo de gasificadores multicombustibles biomásicos. iii. Mejora de los sistemas de parrilla. iv. Hibridación con otras tecnologías. v. Incremento de la fiabilidad de la tecnología de gasificación para generación eléctrica. vi. Valorización del char. vii. Reducción y tratamiento de lixiviados. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.). ii. Mejora de la viabilidad del uso de la biomasa mediante gasificación y de los parámetros de emisiones.
III Producción y uso del biogás.	<ul style="list-style-type: none"> i. Optimización del diseño y operación de los digestores. ii. Acondicionamiento del biogás. iii. Co-digestión: maximizar el rendimiento en la producción de biogás. iv. Hibridación con otras tecnologías. v. Valorización del digestato. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.). ii. Homologación del combustible. iii. Mejora en los parámetros de emisiones. iv. Inyección en red. v. Aspectos legislativos y normativa sobre el tratamiento de residuos.



CADENA DE VALOR	RETOS TECNOLÓGICOS (listados según orden de prioridad)	RETOS DE USO FINAL (listados según orden de prioridad)
IV	Conversión de azúcares y almidón en bioetanol.	<ul style="list-style-type: none"> i. Optimización del proceso y aumento de la eficiencia energética. ii. Valorización de subproductos. iii. Aumento de porcentaje en mezclas con combustibles tradicionales.
V	Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes.	<ul style="list-style-type: none"> i. Desarrollo de nuevas enzimas, reducción de costes de producción y optimización de las mezclas enzimáticas. ii. Nuevas configuraciones de hidrólisis y fermentación. iii. Optimización de los sistemas de pretratamiento y fraccionamiento de biomasa.
VI	Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles.	<ul style="list-style-type: none"> i. Desarrollo de sistemas de purificación, limpieza y acondicionamiento del gas de síntesis. ii. Incorporación de la estrategia de intensificación de procesos e integración de procesos unitarios para mejora de eficiencia: concepto de biorrefinería. iii. Optimización del diseño y operación de los catalizadores.
VII	Digestión de biomasa para generación de biogás.	<ul style="list-style-type: none"> i. Optimización del diseño y operación de los digestores. ii. Acondicionamiento del biogás. iii. Co-digestión: maximizar el rendimiento en la producción de biogás. iv. Valorización del digestato.
VIII	Conversión pirolítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading.	<ul style="list-style-type: none"> i. Nuevos catalizadores para aumentar el rendimiento del proceso. ii. Mejorar la estabilidad del aceite de pirólisis. iii. Upgrading para el procesado en unidades de refinería. iv. Pirólisis de residuos limitados para su combustión; otras posibilidades de valorización de estos residuos.



	<p>IX</p> <p>Conversión catalítica de azúcares en combustibles y químicos.</p>	<p>i. Investigación en catalizadores y procesos de conversión de azúcares.</p> <p>ii. Investigación en microorganismos para conversión avanzada de azúcares .</p> <p>iii. Desarrollo de procesos asociados para extracción de componentes.</p> <p>iv. Procesos de purificación de las corrientes para llevar a cabo las conversiones.</p>	<p>i. Homologación del combustible.</p> <p>ii. Homologación, para otras aplicaciones, de los productos no energéticos.</p>
X		<p>Plataforma aceites (conversión convencional + hidrotratamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil).</p>	<p>i. Optimización del sistema catalítico para mejorar la viabilidad técnica del proceso.</p> <p>ii. Integración del proceso con procesos convencionales de producción de combustibles (refinería), buscando la escala de demostración preindustrial.</p> <p>iii. Desarrollo de procesos de transformación a biocarburantes.</p>

Tabla 10, Cadenas de valor para los bloques termoeléctrico y transporte.



Además de las diez cadenas de valor principales, se ha establecido una cadena de valor intermedia en la que se señalan las necesidades tecnológicas y de uso final de los denominados vectores bioenergéticos: secado, reducción granulométrica, densificación, torrefacción y pirólisis. Estos vectores bioenergéticos se corresponden con los pre-tratamientos o tratamientos que permiten procesar las biomásas con objeto de mejorar sus condiciones físico-químicas, y estas mejoras en sus condiciones permitan optimizar la eficiencia de otros procesos posteriores que podrían llevarse a cabo con las mismas (como por ejemplo: procesos químicos sucesivos para la generación de biocarburantes, para su valorización directa en un gasificador, etc.).

CADENA DE VALOR DEL BLOQUE DE VECTORES BIOENERGÉTICOS INTERMEDIOS¹, CON LOS RETOS TECNOLÓGICOS Y DE USO FINAL ASOCIADOS.

CADENA DE VALOR	TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS	RETOS TECNOLÓGICOS	RETOS DE USO FINAL
Estudio de las posibilidades de la torrefacción, pirólisis y densificación como pretratamientos.	Densificación.	i. Mejoras en el diseño para la reducción de costes y aumento de la calidad.	i. Demostrar el producto en sus diferentes usos finales y cadenas logísticas.
	Pirólisis.	ii. Demostrar la tecnología a escala piloto (para las tecnologías de torrefacción y pirólisis).	ii. Valorización del char de pirólisis.
	Reducción granulométrica.	iii. Ampliar el rango de materias primas que pueden utilizarse y alcanzar la capacidad de diseñar biocombustibles a la carta.	
	Secado.	iv. Desarrollo del secado solar de la biomasa.	
	Torrefacción.		

Tabla 11, Cadena de valor para bloque de vectores bioenergéticos.

A DIFERENCIA DE OTRAS ENERGÍAS EN LAS QUE NO INTERVIENE UN COMBUSTIBLE, EN LA BIOENERGÍA LAS MATERIAS PRIMAS BIOMÁSICAS, SU MANEJO, GESTIÓN Y LOGÍSTICA, RESULTAN FUNDAMENTALES Y ESTÁN ESTRECHAMENTE VINCULADAS A LOS RENDIMIENTOS Y EFICIENCIAS DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LAS MISMAS EN ENERGÍA.

Por ello, se han identificado retos tecnológicos a abordar en el periodo 2012-2015 para cada una de estas materias primas biomásicas. Resulta importante señalar que el sector español de la bioenergía no entiende ni por supuesto comparte que sea ‘un problema’ todo el manejo necesario que hay que llevar a cabo sobre las materias primas biomásicas antes de poder ser valorizadas; al contrario, el sector español de la bioenergía entiende que es en dicho manejo donde se genera precisamente el importante valor añadido que aporta esta energía renovable, al estar intrínsecamente vinculado con dicho manejo la creación de numerosos puestos de trabajo tanto directos como indirectos, al ser necesaria mano de obra para procesar las materias primas en origen (campo, monte, etc.), para transportarlas hasta las plantas, etc.

¹ En literatura anglosajona suele mencionarse como *bioenergy carriers*.

MATERIAS PRIMAS DEFINIDAS PARA LAS ANTERIORES CADENAS DE VALOR EN BIOENERGÍA, JUNTO CON SUS RETOS TECNOLÓGICOS Y DE USO FINAL.

LISTADO MATERIAS PRIMAS DEFINIDAS	RETOS TECNOLÓGICOS	RETOS DE USO FINAL	RETO TRANSVERSAL
Algas.	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo del downstream (cosechado y procesado). · Incrementar la escala de los proyectos. · Desarrollo de las tecnologías de cultivo (mejora de materiales y optimización insumos). · Selección de especies. 	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo normativo. 	Unificación de criterios e indicadores de sostenibilidad.
Biomasa forestal.	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo tecnológico para alcanzar la rentabilidad de la biomasa extraída/coste. 	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo de metodologías para el estudio del potencial de producción y de mercado con criterios de sostenibilidad. 	
Cultivos energéticos herbáceos.	<ul style="list-style-type: none"> · Optimización de insumos: uso eficiente de los recursos, desarrollo de maquinaria, mejora en el desarrollo de los procesos logísticos, optimización de tratamientos de control químico y mecánico. 		
Cultivos energéticos leñosos.	<ul style="list-style-type: none"> · Selección y mejora de material vegetal. 		
FORSU.	<ul style="list-style-type: none"> · Mejora de los pretratamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> · Normalización de la FORSU. 	
Residuos agrícolas. Residuos ganaderos. Residuos de industrias	<ul style="list-style-type: none"> · Aumentar número de materiales susceptibles de ser tratados en digestión anaerobia. 	<ul style="list-style-type: none"> · Eliminar restricciones entre usos alimentarios y energéticos. 	

Tabla 12, Listado de materias primas y sus retos.

2.2 ESCALABILIDAD O TIPOLOGÍAS DE PROYECTO EN LOS QUE IMPLEMENTAR LAS CADENAS DE VALOR

A continuación se expone la descripción de las distintas escalas a las que podrían implementarse las cadenas de valor establecidas en el Plan de Implementación 2012-2015 de BIOPLAT:

- i. **Investigación a escala de laboratorio:** instalación para obtener información sobre un determinado proceso físico o químico, que permita determinar si el proceso es técnicamente viable, así como establecer los parámetros de operación óptimos de dicho proceso para el posterior diseño y escalado.
- ii. **Planta piloto:** instalación en la que contrastar la tecnología, que todavía permite flexibilidad para introducir modificaciones técnicas en los procesos sin suponer grandes cambios estructurales en la misma.
- iii. **Planta de demostración:** es el último paso no económico² para demostrar los resultados y la viabilidad de todos los puntos críticos de una cadena de valor, de forma que la primera unidad comercial pueda ser diseñada con unos rendimientos garantizados.
- iv. **Planta insignia/representativa:** es la primera unidad comercial que funciona a una escala económicamente viable. La escala de viabilidad económica es aquella en la que los agentes económicos envueltos en el proyecto (suministradores de materia prima, desarrolladores de

² La puesta en marcha de estos proyectos de demostración con el objetivo de superar las barreras tecnológicas no generará retornos económicos, o generará retornos no lo suficientemente grandes como para amortizar la inversión y cubrir los costes de operación.

tecnología, operadores de planta, inversores, etc.) están dispuestos a asignar recursos porque esperan un beneficio. La construcción y puesta en marcha de estas plantas implica costes y riesgos más elevados que las plantas de demostración debido fundamentalmente a la escala. A pesar de ello, las consiguientes plantas comerciales desarrolladas posteriormente a la primera se beneficiarían del avance en la curva de aprendizaje y de menores primas de riesgo para el capital necesario para financiar esos proyectos.

En una planta insignia/representativa la fase de demostración debe haberse superado favorablemente, de lo contrario debe ser justificada la razón por la que es necesario dar ese paso. Será altamente recomendable que los proyectos incluyan una evaluación de su sostenibilidad, sobre la base de un análisis del ciclo de vida del mismo para la cadena completa de valor, de la materia prima al producto final.



2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Para cada cadena de valor se ha estimado un coste económico de implementación aproximado en función de la escala a la que podría desarrollarse (no todas las cadenas son susceptibles de ser implementadas a todas las escalas al encontrarse actualmente cada una de ellas en fases de desarrollo tecnológico diferentes). Se trata de valores estimativos y su objeto fundamental es orientar a los gestores de fondos tecnológicos acerca del coste que tendría desarrollar las distintas cadenas de valor.

La valoración económica se ha hecho por parte de los expertos españoles en cada una de las áreas descritas, que teniendo en cuenta el coste por proyecto de I+D+i de cada reto tecnológico que comprenden las cadenas de valor y considerando el número de proyectos por cada reto que podrían llevarse a cabo en el periodo 2012-2015, han estimado un coste total para cada cadena de valor en la escala que se entiende podría implementarse. En este sentido señalar que en algunos casos se hace referencia a instalaciones y procesos que no existen actualmente en una fase comercial, por lo que los costes reflejados son aproximados.

De forma esquemática, para cada cadena de valor definida el proceso seguido sería el siguiente:

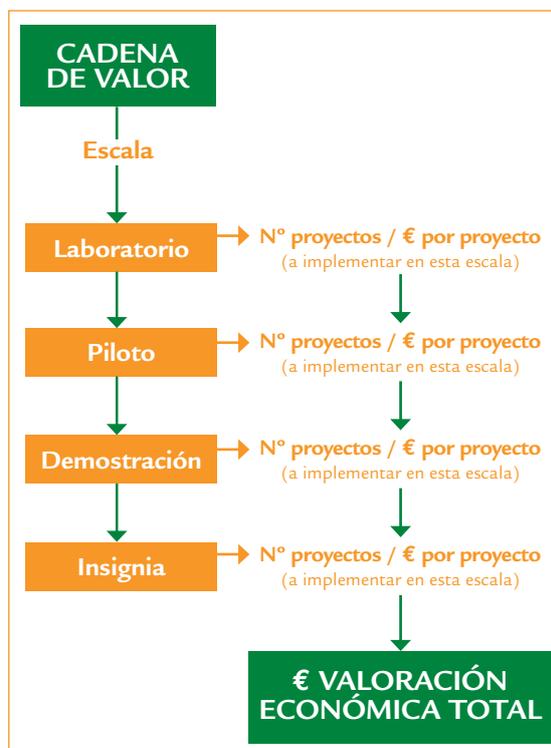


Tabla 13, Esquema estimación valoración económica cadenas de valor.

I+D+i A ESCALA LABORATORIO			
BLOQUE	CADENA DE VALOR		TOTAL (millones €)
Termoeléctrico	II	Utilización de biocombustibles sólidos para gasificación	1
	III	Producción y uso del biogás	0,5
	IV	Conversión de azúcares y almidón en bioetanol	2
Transporte	V	Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes	10
	VI	Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles	17
	VII	Digestión de biomasa para generación de biogás	1
	VIII	Conversión pirolítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading	4
	IX	Conversión catalítica de azúcares en combustibles y químicos	13
Vectores bioenergéticos intermedios	Vectores bioenergéticos intermedios	Estudio de las posibilidades de la torrefacción, pirólisis y densificación como pretratamientos	8,5

Tabla 14, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala laboratorio.

I+D+i A ESCALA PILOTO			
BLOQUE	CADENA DE VALOR		TOTAL (millones €)
Termoeléctrico	I	Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa	2,4
	II	Utilización de biocombustibles sólidos para gasificación	7-20
	III	Producción y uso del biogás	2
Transporte	IV	Conversión de azúcares y almidón en bioetanol	20
	V	Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes	20
	VI	Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles	20
	VII	Digestión de biomasa para generación de biogás	6
	VIII	Conversión pirolítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading	9
	IX	Conversión catalítica de azúcares en combustibles y químicos	20
Vectores bioenergéticos intermedios	X	Plataforma aceites (conversión convencional + hidrotratamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil)	25-65
		Estudio de las posibilidades de la torrefacción, pirólisis y densificación como pretratamientos	14,5

Tabla 15, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala piloto.

I+D+i A ESCALA DE DEMOSTRACIÓN			
BLOQUE	CADENA DE VALOR		TOTAL (millones €)
Termoeléctrico	I	Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa	27-107
	II	Utilización de biocombustibles sólidos para gasificación	6-28
	III	Producción y uso del biogás	5
Transporte	V	Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes	50
	VI	Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles	50
	VII	Digestión de biomasa para generación de biogás	5
	VIII	Conversión pirolítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading	35
	X	Plataforma aceites (conversión convencional + hidrotratamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil)	65
Vectores bioenergéticos intermedios	Estudio de las posibilidades de la torrefacción, pirólisis y densificación como pretratamientos		5

Tabla 16, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala de demostración.

I+D+i A ESCALA INSIGNIA			
BLOQUE	CADENA DE VALOR		TOTAL (millones €)
Termoeléctrico	I	Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa	40-60
	II	Utilización de biocombustibles sólidos para gasificación	5-20
Transporte	IV	Conversión de azúcares y almidón en bioetanol	23
	V	Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes	300
	VI	Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles	300

Tabla 17, Valoración económica de implementación de las cadenas de valor para I+D+i a escala de planta insignia.

Para el caso de las materias primas se definen los siguientes valores:

MATERIAS PRIMAS DEFINIDAS	RETOS TECNOLÓGICOS	TOTAL (millones €)	
Cultivos energéticos herbáceos	Determinación y desarrollo de las especies y condiciones de cultivo sostenibles bajo los puntos de vista medioambiental, energético y económico en las condiciones edafoclimáticas españolas: optimización del uso del agua en cultivos de regadío, optimización de tratamientos de control químico y mecánico y del uso de fertilizantes, desarrollo de técnicas sostenibles de cultivo (p.e. siembra directa, cultivos protectores, etc.) y selección de las especies más sostenibles en España para la producción energética y de las condiciones tecnoeconómicas (incluidas posibles ayudas) para su implantación comercial viable	4,5-9	
	Mejora genética para incrementar la sostenibilidad de los cultivos herbáceos para la producción energética	2-4	
	Estudios de potencial de producción y de mercado de cultivos energéticos con criterios de sostenibilidad	1	
Cultivos energéticos leñosos	Estudios de potencial de producción y de mercado de cultivos energéticos con criterios de sostenibilidad	1	
	Material vegetal	Mejora genética	2-4
		Selección de especies	4-8
Optimización de insumos: uso eficiente de los recursos, desarrollo de maquinaria, mejora en el desarrollo de los procesos logísticos, optimización de tratamientos de control químico y mecánico	3-6		
Cultivos energéticos herbáceos Cultivos energéticos leñosos Biomasa forestal Residuos agrícolas	Desarrollo de mejoras e innovaciones en las cadenas logísticas (recolección, transporte, almacenamiento, pretratamiento) para el suministro de grandes demandas de biomasa, con miras a optimizar el aseguramiento, el coste y la calidad de la biomasa suministrada	0,5-3	
Residuos agrícolas Residuos ganaderos Residuos de industrias	Aumentar número de materiales susceptibles de ser tratados en digestión anaerobia. Logística del acopio de la biomasa residual	0,5-2	
FORSU	Mejora de los pretratamientos	0,8	
Algas	Desarrollo de las tecnologías de cultivo (biorreactores, mejora de materiales, optimización insumos)	0,3-6	
	Selección de especies	0,1-2,5	

Tabla 18, Valoración económica de implementación de los retos asociados a materias primas.



ONE WAY



3 Modalidades de implementación sugeridas:

Criterios de selección y mecanismos de seguimiento.

3.1 PRINCIPIOS GENERALES PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN DE PROYECTOS. PROPUESTA DE CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

El sector bioenergético español integrado en BIOPLAT (sistema ciencia-tecnología-empresa), ha trabajado conjuntamente en una propuesta en la que se define un sistema robusto de criterios de elegibilidad y selección, modalidades de financiación y los procedimientos de selección.

El conjunto de criterios que reflejan las características básicas del Plan de Implementación a 2015 de BIOPLAT ha sido definido por el propio sector español de la bioenergía con objeto de indicar cómo se deberían evaluar y seleccionar los proyectos de demostración y plantas insignia a desarrollar en el ámbito del mismo.

Los siguientes principios básicos sirven para componer la estructura de los criterios de evaluación y elegibilidad:

- **Grado de relación con las cadenas de valor propuestas por la BIOPLAT.**
- **Calidad técnica:** asegurar que se propone una novedad tecnológica fiable en términos de rendimiento técnico-económico y medioambiental, así como en términos de organización y metodología de trabajo (cumplimiento de las fechas de entrega, alcance de la propuesta, conformidad con las especificaciones administrativas de los programas de financiación, etc.).
- **Disponibilidad de la materia prima:** abastecimiento de materia prima biomásica sostenible a coste razonable y mejora de la eficiencia global del sistema. Establecer preferencia para materia prima procedente de España o Unión Europea.
- **Características económicas y de financiación:** el consorcio deberá tener la capacidad operativa y financiera necesaria para implementar la innovación propuesta.

- **Madurez/Escala (para plantas de demostración y/o insignia):** la escala debería ser lo suficientemente grande para contrastar los resultados técnicos y económicos del proyecto, proporcionando datos válidos para que la tecnología pueda ser escalada de forma fiable a nivel industrial después del funcionamiento exitoso de la fase de demostración.
- **Impacto socioeconómico:** evaluar la viabilidad económica de la propuesta de forma razonable en el mercado.
- **Impacto internacional:** exportabilidad del proyecto.

3.2 MECANISMOS DE SEGUIMIENTO DE PROYECTOS: INDICADORES DE NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN

Los ‘indicadores de nivel de desarrollo’ o ‘indicadores clave de desempeño’ de los proyectos de I+D+i, conocidos por sus siglas en inglés como Key Performance Indicators (KPI), son un instrumento fundamental para medir el éxito en la consecución de resultados de los proyectos que se establezcan en el ámbito de las cadenas de valor definidas, cuya cuantificación permitirá además medir el nivel de implementación de este Plan. La propia Secretaría Técnica BIOPLAT podría encargarse de recibir y tratar esta información, para así conocer y valorar el grado de implementación del presente Plan.

Los indicadores propuestos a continuación hacen mención a aquellas magnitudes o características de los proyectos que se consideran fundamentales para poder realizar un seguimiento del progreso de los mismos desde un punto de vista tecnológico. La determinación de los valores límites para estos parámetros no se ha incluido en el presente Plan dado que se trata de una tarea que está siendo desarrollada actualmente en Bruselas con objeto de que sea de aplicación homogénea a los proyectos de todos los Estados Miembro que entren dentro del ámbito del SET-Plan. Se considera necesario que la definición de estos valores sea realizada partiendo de un consenso sobre criterios equilibrados y ajustados a la realidad del sector tanto a nivel europeo como español. Para ello deberán consensuarse igualmente las metodologías a aplicar para obtener los KPI que sean requeridos, de manera que los resultados que se obtengan para un mismo KPI en distintos proyectos, pueda ser comparable entre los mismos.

Para evaluar la bondad y el progreso de la cartera de proyectos y seguir el éxito de este Plan, se prevén dos tipos de indicadores, generales y específicos, por cada cadena de valor.

1. INDICADORES GENERALES DEL PLAN

La bioenergía se utiliza como alternativa al uso de la energía fósil, y por ello en la mayoría de los casos las reducciones en emisiones de gases de efecto invernadero son utilizadas para evaluar el valor añadido que proporciona la bioenergía en términos de protección del medio ambiente. Resulta importante, por tanto, considerar estos ahorros de emisiones y los costes de alcanzar estas reducciones como KPI de los proyectos de I+D+i en bioenergía. Dado el objetivo de la UE del alcanzar una cuota mínima de un 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía para 2020, se proponen 3 indicadores:

- Reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con combustibles fósiles equivalentes. Se utilizará como referencia para los biocombustibles la metodología e información sobre los criterios de sostenibilidad de la Directiva Europea de Energías Renovables (2009/28/CE), transpuestos al marco legislativo español por el Real Decreto 1597/2011 de Sostenibilidad de los Biocarburantes y Biolíquidos.
- Costes máximos y mínimos de los productos bioenergéticos (€/MWh) por cadena de valor.
- Producción total de bioenergía de los proyectos del Plan (TWh/año).

Además, para analizar el nivel global de implementación de este Plan se consideran los siguientes indicadores:

- Número acumulado de proyectos aprobados, en base a las tecnologías especificadas por el Plan de Implementación de BIOPLAT en todas las cadenas de valor.
- Capital invertido acumulado en proyectos basados en cadenas de valor del Plan, desde su fecha de publicación.
- Disponibilidad³ de las plantas en operación a escala comercial.

2. INDICADORES ESPECÍFICOS DE LAS CADENAS DE VALOR

Para evaluar el nivel de implementación individual de cada cadena de valor se consideran tres tipos de indicadores: tecnológicos, de recursos y socio-económicos:

2.2.1 Indicadores tecnológicos

- Disponibilidad de plantas de demostración/plantas insignia.
- Reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles de referencia.
- Coste del capital de inversión de productos bioenergéticos (p.e. €/l, €/MWh).
- Coste de la producción (p.e. €/l, €/MWh).
- Coste por tonelada de ahorro de emisión de gases de efecto invernadero (p.e. €/CO₂ equivalente).
- Eficiencia neta⁴, en base al poder calorífico inferior (PCI), de la conversión de la materia prima biomásica desde la entrada a la planta hasta la obtención de un producto comercializable.

2.2.2 Indicadores de recursos

- Coste del recurso biomásico entregado a la entrada de la planta (p.e. €/MWh).
- Cantidad anual de consumo de biomasa a la entrada de la planta (p.e. MWh/año).

2.2.3 Indicadores socio-económicos

- Número de empleos permanentes creados por los proyectos, incluyendo en su caso la propia planta y la cadena de abastecimiento y distribución de la biomasa (datos desglosados indicando la localización de los empleos, locales, dentro de un radio aproximado de 150 kilómetros; también distinción por nivel de cualificación de los empleos).

³ La disponibilidad es definida como una medida porcentual del grado en que una maquinaria está operativa en las condiciones y tiempos de operación, medida en horas por cada 8.760 horas.

⁴ La eficiencia neta es el porcentaje entre el aprovechamiento energético final (productos bioenergéticos comercializables) y la suma de entradas (aportes energéticos de la biomasa menos el contenido energético de los bioproductos comercializables no energéticos).

Anexo:

Cadenas de valor, descripción y ejemplos de proyectos ya iniciados.

En la siguiente sección cada una de las cadenas de valor es descrita brevemente y algunas se ilustran con ejemplos de proyectos ya iniciados.

CADENA DE VALOR	RETOS TECNOLÓGICOS (listados según orden de prioridad)	RETOS DE USO FINAL (listados según orden de prioridad)
I Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa.	<ul style="list-style-type: none">i. Desarrollo de instalaciones de combustión para multicomcombustibles biomásicos.ii. Reducción de las emisiones de los pequeños equipos de combustión.iii. Reducción de la sinterización y corrosión de los equipos de combustión.iv. Desarrollo de calderas y equipos de combustión para biomasa herbáceas y biomasa leñosas cuya combustión genera un contenido medio-alto en cenizas.v. Hibridación con otras tecnologías.vi. Mejora de la eficiencia en ciclos y equipos de combustión.vii. Valorización de cenizas y escorias.viii. Desarrollo de los ciclos de absorción para alcanzar mayores rendimientos en el proceso de refrigeración a partir de biomasa.	<ul style="list-style-type: none">i. Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.).ii. Desarrollo del mercado de climatización con biomasa.

II	<p>Producción y utilización de biocombustibles sólidos para gasificación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> i. Sistemas de limpieza del gas de gasificación. ii. Desarrollo de gasificadores multicomcombustibles biomásicos. iii. Mejora de los sistemas de parrilla. iv. Hibridación con otras tecnologías. v. Incremento de la fiabilidad de la tecnología de gasificación para generación eléctrica. vi. Valorización del char. vii. Reducción y tratamiento de lixiviados. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.). ii. Mejora de la viabilidad del uso de la biomasa mediante gasificación y de los parámetros de emisiones.
III	<p>Producción y uso del biogás.</p>	<ul style="list-style-type: none"> i. Optimización del diseño y operación de los digestores. ii. Acondicionamiento del biogás. iii. Co-digestión: maximizar el rendimiento en la producción de biogás. iv. Hibridación con otras tecnologías. v. Valorización del digestato. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.). ii. Homologación del combustible. iii. Mejora en los parámetros de emisiones. iv. Inyección en red. v. Aspectos legislativos y normativa sobre el tratamiento de residuos.
IV	<p>Conversión de azúcares y almidón en bioetanol.</p>	<ul style="list-style-type: none"> i. Optimización del proceso y aumento de la eficiencia energética. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Certificación sostenibilidad. ii. Valorización de subproductos. iii. Aumento de porcentaje en mezclas con combustibles tradicionales.
V	<p>Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> i. Desarrollo de nuevas enzimas, reducción de costes de producción y optimización de las mezclas enzimáticas. ii. Nuevas configuraciones de hidrólisis y fermentación. iii. Optimización de los sistemas de pretratamiento y fraccionamiento de biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Certificación sostenibilidad. ii. Desarrollo a escala de demostración preindustrial.
VI	<p>Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> i. Desarrollo de sistemas de purificación, limpieza y acondicionamiento del gas de síntesis. ii. Incorporación de la estrategia de intensificación de procesos e integración de procesos unitarios para mejora de eficiencia: concepto de biorrefinería. iii. Optimización del diseño y operación de los catalizadores. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Desarrollo a escala de demostración preindustrial. ii. Homologación del combustible. iii. Certificación sostenibilidad. iv. Ensayos en flotas. v. Desarrollo de infraestructuras para el uso del producto.

CADENA DE VALOR		RETOS TECNOLÓGICOS (listados según orden de prioridad)	RETOS DE USO FINAL (listados según orden de prioridad)
 VII VIII IX X	Digestión de biomasa para generación de biogás.	i. Optimización del diseño y operación de los digestores. ii. Acondicionamiento del biogás. iii. Co-digestión: maximizar el rendimiento en la producción de biogás. iv. Valorización del digestato.	i. Homologación del combustible. ii. Optimización de los sistemas de almacenamiento para transporte del biogás. iii. Inyección en red. iv. Aspectos legislativos y normativa sobre el tratamiento de residuos.
	Conversión pirolítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading.	i. Nuevos catalizadores para aumentar el rendimiento del proceso. ii. Mejorar la estabilidad del aceite de pirólisis. iii. Upgrading para el procesado en unidades de refinería. iv. Pirólisis de residuos limitados para su combustión; otras posibilidades de valorización de estos residuos.	i. Proyectos piloto y de demostración de hidrogenación de aceites. ii. Homologación del combustible. iii. Integración en otras unidades industriales (p.e. refinerías).
	Conversión catalítica de azúcares en combustibles y químicos.	i. Investigación en catalizadores y procesos de conversión de azúcares. ii. Investigación en microorganismos para conversión avanzada de azúcares. iii. Desarrollo de procesos asociados para extracción de componentes. iv. Procesos de purificación de las corrientes para llevar a cabo las conversiones.	i. Homologación del combustible. ii. Homologación, para otras aplicaciones, de los productos no energéticos.
	Plataforma aceites (conversión convencional + hidrotratamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil).	i. Optimización del sistema catalítico para mejorar la viabilidad técnica del proceso. ii. Integración del proceso con procesos convencionales de producción de combustibles (refinería), buscando la escala de demostración preindustrial. iii. Desarrollo de procesos de transformación a biocarburantes.	i. Homologación del combustible.

Tabla 10, Cadenas de valor para los bloques termoeléctrico y transporte.

CADENA DE VALOR: Utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa

La producción térmica y eléctrica mediante combustión directa de la biomasa sólida constituye unas de las aplicaciones energéticas más asentadas hoy en día de la biomasa, con tecnologías plenamente desarrolladas a escala comercial.

No obstante, tanto a nivel de preparación de los biocombustibles sólidos como de los equipos y sistemas de producción térmica y eléctrica existentes, se requiere de un desarrollo tecnológico para la reducción de los costes energéticos y el aumento de la eficiencia de la producción energética y la calidad de los biocombustibles.

Asimismo, el desarrollo de estos mercados exige la incorporación de nuevas biomásas como fuentes adicionales a las ya existentes. En muchos casos las características de las nuevas biomásas potenciales exige la realización de un desarrollo tecnológico para conseguir la viabilidad de su uso, tanto bajo el punto de vista tecno-económico como medioambiental.

Materias primas:

- » Biomasa forestal.
- » Cultivos energéticos.
- » FORSU.
- » Residuos agrícolas.
- » Residuos de industrias.

Tecnologías:

- » Combustión directa.

Uso final:

- » Instalaciones térmicas domésticas:
Se emplea tanto en equipos pequeños equipos individuales (estufas, chimeneas, cocinas, pequeñas calderas), como colectivos, entre los que se incluyen los equipos centralizados (p.e. en comunidades de vecinos), y en redes urbanas de calefacción y refrigeración.
- » Instalaciones térmicas industriales:
En la actualidad, en la mayor parte de los casos se utiliza como materia prima los residuos generados por la misma industria que consume la energía, es decir, en este sector predomina el autoconsumo.
- » Instalaciones eléctricas que exportan electricidad a la red.
- » Instalaciones eléctricas que consumen parte o la totalidad de la electricidad que generan (autoconsumo).

Retos tecnológicos:

- » Desarrollo de instalaciones de combustión para multicombustibles biomásicos:
Constituye una estrategia para optimizar los costes de la biomasa y asegurar el suministro, principalmente de grandes plantas de combustión. El desarrollo de sistemas de preparación y alimentación de las biomásas, en conjunción con las tecnologías de combustión y el diseño de los equipos de combustión, constituyen las líneas de acción más importantes en este campo.
- » Reducción de las emisiones de los pequeños equipos de combustión:
En este campo se requiere fundamentalmente la reducción de partículas, mediante el empleo de medidas en el interior de los equipos y/o de equipos de limpieza externos viables bajo un punto de vista técnico y económico.
- » Reducción de la sinterización y corrosión de los equipos de combustión:
Este objetivo se puede lograr, entre otras posibilidades, mediante el empleo de aditivos adecuados y/o el uso de mezclas de biomásas en la que al menos una de ellas presenta una baja tendencia a la sinterización y corrosión.
- » Desarrollo de calderas y equipos de combustión

para biomásas herbáceas y biomásas leñosas cuya combustión genera un contenido medio-alto en cenizas:

Este reto está, por una parte, relacionado con el anterior en cuanto a que son los materiales con más alto contenido en cenizas los que suelen poseer una mayor tendencia a la sinterización y corrosión de los equipos. Además, requiere de un desarrollo tecnológico en el diseño de los equipos, como la incorporación de sistemas eficaces de evacuación de las cenizas.

» Hibridación con otras tecnologías:

Como por ejemplo la solar térmica: la biomasa podría aportar la energía complementaria necesaria para evitar el excesivo enfriamiento del fluido térmico durante la noche o en situaciones de bajo aporte térmico solar.

» Mejora de la eficiencia en ciclos y equipos de combustión:

A través de un manejo de la química de las cenizas en el interior de los equipos de

combustión, incluyendo el ya citado uso de aditivos, se puede lograr incrementar la eficiencia de los equipos de combustión. En los ciclos de vapor con esta estrategia se puede lograr reducir los costes de mantenimiento e, incluso, incrementar la temperatura de vapor, mejorando así la eficiencia de generación.

» Valorización de cenizas y escorias.

» Desarrollo de los ciclos de absorción para alcanzar mayores rendimientos en el proceso de refrigeración a partir de biomasa.

Retos de uso final:

» Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.).

» Desarrollo del mercado de la climatización con biomasa.

II CADENA DE VALOR: Producción y utilización de biocombustibles sólidos para gasificación

El proceso de gasificación es un proceso termoquímico de degradación térmica de la biomasa con una cantidad de aire menor al valor estequiométrico, o necesario para la combustión completa del combustible. Como resultado de esta transformación se obtiene un gas con bajo poder calorífico, por lo que es comúnmente conocido como gas pobre. Posteriormente el gas ha de ser acondicionado a las características de su aplicación final como puede ser su utilización en una caldera y/o en un motor de combustión interna.

Materias primas:

- » Biomasa forestal.
- » Cultivos energéticos herbáceos.
- » Cultivos energéticos leñosos:
- » Residuos agrícolas.
- » Residuos de industrias.
- » FORSU.

» Gasificación + MCI⁵ / TC⁶.

El gas, una vez acondicionado, puede ser utilizado mediante combustión en una caldera para la producción de energía térmica o en un motor de combustión interna alternativo o turbina de gas para la producción simultánea de energía eléctrica, térmica o ambas simultáneamente (cogeneración).

Tecnologías:

» Gasificación + caldera.

5 Motor de combustión interna alternativo.
6 Turbina de gas.

Uso final:

El uso final de la energía producida puede clasificarse según las siguientes categorías:

- » Instalaciones térmicas domésticas.
- » Instalaciones térmicas industriales.
- » Instalaciones eléctricas que exportan electricidad a la red.
- » Instalaciones eléctricas que consumen parte o la totalidad de la electricidad que generan (autoconsumo).

Retos tecnológicos:

La tecnología de gasificación todavía no está completamente madura, por ello su aplicación no se ha desarrollado de forma comercial. Sigue siendo necesario por tanto realizar esfuerzos de investigación en diferentes áreas. Los principales retos tecnológicos que han sido identificados por la Plataforma son los siguientes:

- » Sistemas de limpieza del gas de gasificación:
La producción de alquitranes y otros compuestos, principalmente durante el proceso de transformación termoquímica, sigue siendo un problema para conferir a la tecnología durabilidad y fiabilidad en su utilización.
- » Desarrollo de gasificadores multicomcombustibles biomásicos:
El dotar a los sistemas de gasificación de cierta independencia o versatilidad con respecto a la especie de biomasa que se utiliza en su alimentación permite la posibilidad de una mayor integración de la tecnología como aprovechamiento energético. La especificidad actual del comportamiento de la tecnología de gasificación debe ser abordada en todos los sistemas que forman parte del mismo para proporcionar además fiabilidad y durabilidad al sistema.
- » Mejora de los sistemas de parrilla:
La parrilla para los sistemas de gasificación de lecho fijo sigue siendo una característica fundamental así como una debilidad para

su implementación comercial a gran escala. El desarrollo de sistemas de parrilla que permitan el control del proceso así como una fiabilidad del sistema sigue siendo una carencia comercial.

- » Hibridación con otras tecnologías.
- » Incremento de la fiabilidad de la tecnología de gasificación para generación eléctrica:
Implantación de equipos y sistemas que puedan funcionar, como orden de magnitud, más de 7.500 h/año y con unos costes de mantenimiento que permita la sostenibilidad económica del proyecto. Incluirá la organización del mantenimiento preventivo en las paradas programadas y mantenimiento preventivo en funcionamiento mediante duplicidad de los equipos críticos. Aplicable a biomásas que producen altos niveles de alquitrán.
- » Valorización del char.
- » Reducción y tratamiento de lixiviados.

Retos de uso final:

- » Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.).
- » Mejora de la viabilidad de la tecnología de gasificación con biomasa y reducción de los parámetros de emisiones.



III CADENA DE VALOR: Producción y uso del biogás

Son muchas las posibilidades que ofrecen las materias primas fácilmente biodegradables, en cuanto a producción de biogás, para posteriormente ser éste empleado en generación eléctrica, aprovechamiento térmico, utilización como biocarburante, ser inyectado en las redes de transporte y/o distribución de gas natural, o en pilas de combustible.

Según los últimos datos publicados en el Barómetro del Biogás publicado por EurObserv´ER en noviembre de 2010, algo más de las tres cuartas partes del biogás que se produce en España procede de vertederos, poco más del 5% de estaciones depuradoras de aguas residuales y el resto a partir de otras materias primas, cuyo potencial se está desaprovechando en parte por la gran variedad de recursos presentes en España.

La consecución de los retos tecnológicos y no tecnológicos recogidos en este documento posibilitaría la proliferación de plantas de producción y transformación del biogás por toda la geografía española. Un punto destacado son los proyectos de I+D+i que se están llevando a cabo en España, siendo un ejemplo de estos el proyecto singular estratégico PSE PROBIOGÁS, así como los que se llevan por parte de las distintas empresas del sector, y que se acogen a las líneas de ayudas de los organismos públicos.

Materias primas:

- » Algas.
- » Cultivos energéticos.
- » Residuos agrícolas.
- » Residuos de industrias.
- » Residuos ganaderos.
- » FORSU.

Tecnologías:

- » Digestión anaerobia + caldera.
- » Digestión anaerobia + MCIA⁷ / TG⁸.
- » Digestión anaerobia + acondicionamiento + inyección a red.

La digestión anaerobia es un proceso biológico en el que la materia orgánica se degrada, por la acción de una serie de microorganismos conocidos con el nombre de bacterias metanogénicas y bajo unas condiciones adecuadas de temperatura y siempre en ausencia de oxígeno, en un compuesto gaseoso conocido con el nombre de biogás, el cual se encuentra formado principalmente por metano, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, etc. en porcentajes que varían dependiendo de la materia prima de partida. Asimismo, del mencionado proceso también se obtiene un compuesto

denominado digestato, el cual puede ser sometido a procesos de valorización, por ejemplo en la producción de compost.

El biocombustible gaseoso obtenido puede ser introducido en una caldera, en un motor de combustión interna alternativo o en una turbina de gas para ser transformado energéticamente según corresponda en cada caso, o incluso ser acondicionado para su inyección en red.

Uso final:

- » Instalaciones térmicas domésticas.
- » Instalaciones térmicas industriales.
- » Instalaciones eléctricas que exportan electricidad a la red.
- » Instalaciones eléctricas que consumen parte o la totalidad de la electricidad que generan (autoconsumo).

En la actualidad, se puede decir que el uso del biogás es cautivo, ya que su transformación energética tiene lugar en la misma instalación en la que se ha producido. Reducir esta cautividad permitiría incrementar de manera importante su uso dada la gran versatilidad que este biocombustible gaseoso posee.

7 Motor de combustión interna alternativo.

8 Turbina de gas.

Retos tecnológicos:

- » Optimización del diseño y operación de los digestores:

Para que la digestión anaerobia, en función de la materia prima, tenga lugar en las condiciones más eficientes, hay que controlar una serie de parámetros ambientales, por ejemplo el pH, la alcalinidad, la presencia de inhibidores bacterianos, etc. y de tipo operacional tales como la temperatura, la agitación, el tiempo de retención, etc.

- » Acondicionamiento del biogás:

Desarrollo de sistemas de acondicionamiento del biogás para su inyección a red (biometano). Sistemas de separación de gases y sistemas de limpiezas de otros contaminantes para conseguir un elevado porcentaje de metano en la corriente de gas.

Desarrollo de sistemas de acondicionamiento (eliminación de partículas y contaminantes) del biogás para su aprovechamiento energético.

- » Co-digestión: maximizar el rendimiento en la producción de biogás:

La co-digestión es el proceso mediante el cual tiene lugar la degradación anaeróbica conjunta de materiales orgánicos fácilmente digeribles. Con ello se consiguen sinergias por la complementariedad en cuanto a la disposición de recursos, ya que algunos de ellos o son estacionales o disponen de una composición a partir de la cual no se generaría biogás en cantidad y calidad. Es importante destacar aquí las labores de pretratamiento que serían necesarias en cada caso, dependiendo de las materias primas empleadas.

- » Hibridación con otras tecnologías:

El biogás producido puede ser empleado con otras tecnologías energéticas renovables y convencionales. Un ejemplo de ello sería la hibridación con la energía solar termoeléctrica, de tal forma que permitiría a ésta aumentar su gestionabilidad, con las

ventajas asociadas que esto tiene, cuando se utilice para producción eléctrica, desde el punto de vista de gestión del sistema eléctrico nacional.

- » Valorización del digestato:

Aprovechamiento del valor fertilizante de los nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio) y oligoelementos presentes, así como su valor como enmienda orgánica para su uso en agricultura. Desarrollo de métodos de separación de contaminantes y eliminación de patógenos.

Evaluación de beneficios agronómicos de la utilización de diferentes digestatos como sustitutivos parciales de fertilizantes minerales.

Retos de uso final:

- » Integración del uso de biomasa para generación térmica y eléctrica en otras unidades industriales (refinerías, cementeras, etc.):

En la actualidad, y tal como se ha comentado anteriormente, el biogás es cautivo, lo que dificulta su empleo energético en lugares alejados de los centros de producción. En España hay determinadas instalaciones que tienen consumos de energía destacados, y ejemplos de ellos podrían ser las azulejeras, ladrilleras, refinerías, cementeras, etc. en las cuales se puede emplear este biocombustible en mayor o menor medida, según el caso. Esto traería ventajas desde el punto de vista medioambiental por las emisiones que se dejarían de emitir a la atmósfera al sustituir fuentes de energía convencionales.

- » Homologación del combustible:

Es preciso que se fijen unos parámetros mínimos en cuanto a la composición que debe tener el biogás para poder ser empleado éste de manera directa en motores de gas. Dependiendo del modo de transporte de aquél (en tanques cisterna licuado o a través de red), los parámetros exigidos pueden variar. En todo caso, la participación de los fabricantes de motores

a gas es importante, dada la experiencia que ya se tiene en otros países de la Unión Europea.

» Mejora en los parámetros de emisiones:

Dependiendo de la aplicación del biogás, las emisiones resultantes del proceso de transformación energética se tienen que ajustar en todo momento mediante la legislación publicada al efecto.

» Inyección en red de gas natural:

Se necesita definir un marco al que se acojan los productores de biogás que posibilite la inyección de biogás a red, para luego ser empleado éste en lugares alejados de los centros de producción, en aplicaciones como la generación eléctrica (de manera individual o híbrida con otras tecnologías energéticas, renovables o convencionales), en aprovechamientos térmicos (individuales o industriales), como carburante en transporte, en pilas de combustible, como precursor de otros productos, etc. En todo caso es preciso recoger la composición química que debería tener dicho biogás para poder ser inyectado en red, así como los requisitos legales que se debería cumplir por parte del productor ante el sistema gasista y ante el propietario de la red de transporte y/o distribución de gas natural. Asimismo, es necesario también definir un marco de retribución económica por cada unidad inyectada, similar al marco regulatorio realizado en su día en el sector eléctrico para la producción de electricidad con fuentes renovables.

» Aspectos legislativos y normativa sobre el tratamiento de residuos.

La generación de biogás está incentivada a través de su uso directo para la generación de energía eléctrica. No obstante, el biogás tiene otros posibles usos que también pueden resultar muy interesantes. La falta de legislación al respecto dificulta dichos usos alternativos. Los aspectos que deben desarrollarse son:

- Normativa y estandarización sobre los condicionantes técnicos y físicoquímicos para la inyección del biogás a la red de distribución, de acuerdo con los estándares que se están desarrollando en Europa.
- Marco retributivo para la inyección de biogás en la red de distribución o transporte, semejante al régimen especial de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.
- Normativa y estandarización del uso de biogás para el transporte.
- Normalización del digestato para su aplicación en agricultura.

IV CADENA DE VALOR: Conversión de azúcares y almidón en bioetanol

Las rutas de producción de bioetanol a partir de azúcares y almidón son la forma en la que la industria produce el bioetanol empleado como biocarburante. Estas rutas emplean el grano de los cultivos.

Los procesos consisten principalmente en la producción de azúcares a partir de especies con elevado contenido en azúcar o almidón (caña de azúcar, remolacha, cereales), y la conversión de éstos por fermentación en bioetanol, mediante el proceso de fermentación alcohólica. Esta tecnología es comercial, y actualmente en España existe una capacidad instalada de producción de bioetanol de unos 600 millones de litros anuales, la mayor parte de los cuales se produce a partir de cereales, y el resto a partir de alcohol vínico.

La tecnología de producción de bioetanol a partir de cereal/azúcar está madura, ya que está bien implantada a nivel industrial. No obstante, aún existen retos por afrontar para hacerla más eficiente y sostenible.

Materias primas:

- » Algas.
- » Cultivos energéticos herbáceos.
- » Cultivos energéticos leñosos.
- » Residuos agrícolas.

La corriente de glucosa disuelta en agua es procesada en fermentadores por levaduras industriales, que en su metabolismo convierten la glucosa en etanol y dióxido de carbono siguiendo la siguiente reacción:

Tecnologías:

- » Fermentación convencional:

La tecnología de producción de bioetanol está basada en todos los casos en la fermentación alcohólica de la glucosa de origen vegetal.

Se establecen variantes dependiendo de la materia prima empleada, de forma que esta glucosa puede estar más o menos accesible, y por lo tanto, requerirá procesos más o menos agresivos.

Azúcar (caña o remolacha): los azúcares (glucosa) se producen por la simple molienda y disolución de la materia prima.
Cereal: se someten a procesos de molienda, cocción y acción enzimática para romper las cadenas poliméricas de almidón presente en el grano y producir la glucosa.



Finalmente, la corriente resultante de la fermentación, consistente en sólidos que no se han fermentado (proteína y fibra mayoritariamente), etanol y agua, es sometida a un proceso de destilación en el que se separa la mezcla etanol y agua, hasta llegar a una especificación de pureza de etanol de 99,5%.

En el caso de ser la materia prima cereal, la fracción de sólidos, fundamentalmente proteína, da lugar a un producto denominado DDG⁹ que se emplea como alimentación animal, pues contiene un alto valor nutritivo. En el caso de ser la materia prima caña de azúcar, la fracción de sólidos finales se denomina bagazo, y tiene un uso energético en calderas de biomasa.



⁹ Dried distillers grains (granos de destilería desecados).

Uso final:

» Bioetanol:

El bioetanol es un sustitutivo natural de la gasolina, pues tiene un número de octanos superior a 110. Se ha empleado ampliamente de forma indirecta, siendo transformado en etil terbutil éter (ETBE), como aditivo oxigenado en gasolinas, o en mezcla directa en gasolinas. Actualmente en el territorio nacional se añade hasta un 2% en mezcla directa durante el periodo invernal en gasolinas de índice de octano 95 suministrada a través de las instalaciones logísticas adaptadas para realizar estas mezclas.

Retos tecnológicos:

Dado que la tecnología está ya en un estado comercial, los retos tecnológicos están centrados en la optimización de la misma para aumentar la sostenibilidad y la eficiencia de producción.

» Optimización del proceso y aumento de la eficiencia energética:

La tecnología que se ha descrito tiene un consumo energético elevado, debido a los aportes térmicos necesarios en los procesos de cocción, de destilación de la mezcla etanol-agua (15% de etanol) y de secado del producto final. En la industria se usa habitualmente gas natural para suministrar esta energía.

La optimización de estos consumos energéticos, y el uso de fuentes de energía térmica renovables, como la propia biomasa, repercutirá en la mejora de las emisiones de ciclo de vida del producto.

Retos de uso final:

» Certificación sostenibilidad:

Puesto que la sostenibilidad es un aspecto que se va a exigir a los productores, como cumplimiento de la Directiva Europea de Energías Renovables 2009/28/CE -incorporada al marco español a través del Real Decreto 1597/2011- en la que se establecen una serie de requisitos relacionados principalmente con la de

reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de la tierra de la materia prima utilizada para que el producto pueda contabilizarse a efectos de los objetivos de biocarburantes y recibir incentivos fiscales, será necesario el desarrollo de procedimientos claros y herramientas accesibles para que los productores puedan certificar sus productos como sostenibles.

» Valorización de subproductos:

Se deben desarrollar aplicaciones que aumenten el valor de las corrientes de subproductos, lo que repercutirá en una rentabilidad mayor de las plantas. Estos subproductos se emplean actualmente como alimentación animal o como energía.

» Aumento de porcentaje en mezclas con combustibles tradicionales:

Si bien el uso del bioetanol está permitido en mezclas con gasolina hasta un 10% en volumen en gran parte de los motores convencionales de gasolina, se tiene que realizar un esfuerzo para la mayor penetración del producto, y en la introducción de los denominados vehículos flexibles, que pueden funcionar con mezclas de hasta el 85% de bioetanol.

CADENA DE VALOR: Conversión de biomasa lignocelulósica por procesos bioquímicos en alcoholes

La ruta bioquímica de conversión de biomasa lignocelulósica es análoga al proceso del cereal o de la caña de azúcar, con la diferencia de que en este caso los azúcares provienen de los polímeros presentes en la biomasa lignocelulósica, es decir, celulosa y hemicelulosa. Estos azúcares son fermentados por levaduras (u otros organismos) para producir bioetanol (u otros alcoholes) de la misma forma que en la tecnología de cereal.

La principal dificultad de esta ruta radica en que la matriz de la biomasa lignocelulósica es mucho más inaccesible que en el caso del almidón, y los enlaces en los polímeros de celulosa son mucho más resistentes que los del almidón, por lo que son precisos procesos innovadores y muy específicos para liberar los azúcares correspondientes.

Se puede decir que esta tecnología está en estado de demostración, pues existen varias instalaciones en las que se ha producido de forma pre-comercial bioetanol a partir de residuos agrícolas. En España se encuentra, en Babilafuente (Salamanca), una planta de 5 millones de litros de capacidad de producción de bioetanol operada desde 2009 por ABENGOA BIOENERGÍA, y en L'Alcudia (Valencia) el proyecto PERSEO en el que participa CIEMAT, cuya planta, en operación desde 2010, tiene una capacidad de procesado de 70 toneladas de FORSU al día. Asimismo, en Europa existen otras plantas de demostración como la planta de DONG ENERGY, con una producción de 5 millones de litros situada en Dinamarca, en marcha desde 2009.

Materias primas:

En general las materias primas son aquellas que contienen celulosa a bajo coste.

- » Biomasa forestal.
- » Cultivos energéticos leñosos.
- » Cultivos energéticos herbáceos.
- » Residuos agrícolas.
- » FORSU.

Entre otros, dentro de los residuos agrícolas, estarían la paja de trigo o el bagazo de maíz.

Tecnologías:

El proceso consiste en la obtención de azúcares a partir de la materia lignocelulósica elegida. En general, la biomasa consiste en tres principales moléculas que están entrelazadas en una matriz homogénea:

- » Celulosa: son polímeros de glucosa.
- » Hemicelulosa: polímeros de azúcares de cinco carbonos, principalmente xilosa.

- » Lignina: moléculas complejas con gran presencia de anillos fenólicos. La lignina no se transformará en el proceso.

La tecnología, por lo tanto, consistirá en la separación de estas moléculas para poder obtener los azúcares y ser fermentados.

- » Hidrólisis enzimática fermentación avanzada: consiste en los siguientes pasos:

Pretratamiento: proceso necesario para hacer la matriz de la biomasa más accesible a los procesos enzimáticos posteriores. Estos procesos son habitualmente combinación de procesos térmicos (explosión de vapor, agua caliente a presión) y químicos (ácido sulfúrico diluido, amoníaco, dióxido de carbono, solventes orgánicos, etc.). Este pretratamiento, al ser ciertamente agresivo, habitualmente ocasiona la hidrólisis de la xilosa en azúcares de cinco carbonos.

Hidrólisis enzimática: consiste en la rotura de los polímeros de celulosa en el monómero correspondiente, glucosa. Este

proceso enzimático requiere de la acción de complejos y caros cócteles enzimáticos para poder generar de forma eficaz los monómeros.

Fermentación: consiste en la acción de los organismos que transforman los azúcares en etanol. En el caso de la glucosa (azúcares de seis carbonos) el organismo puede ser el mismo que se emplea en la fermentación del cereal, ya que el azúcar es idéntico al que proviene del almidón. En el caso de los azúcares de cinco carbonos, los organismos comerciales no son capaces de procesarlos, por lo que están en desarrollo hongos, bacterias y levaduras capaces de metabolizar estos azúcares para producir etanol.

Separación del producto: la mezcla de sólidos (lignina que no se ha transformado y materia celular), agua, y etanol tiene que ser separada. La mezcla etanol agua se separa mediante destilación. La lignina se debe purificar para poder ser empleada en aplicaciones específicas.

En desarrollos más recientes se está trabajando en microorganismos capaces de convertir los azúcares en otros alcoholes de mayor número de carbonos como el butanol. Este producto tiene ciertas ventajas en la aplicación en transporte y usos como intermediario químico. El proceso en general es análogo al del etanol que se ha descrito con la diferencia del microorganismo fermentador.

Uso final:

- » Bioetanol.

Al tratarse del mismo producto que en la cadena de valor anterior, y puesto que el etanol es un compuesto puro, es de aplicación lo explicado en la cadena de valor IV.

Retos tecnológicos:

- » Desarrollo de nuevas enzimas, reducción de costes de producción y optimización de las mezclas enzimáticas:
Las enzimas son a día de hoy el factor que

mayor importancia tiene en el coste de producción del bioetanol lignocelulósico. Por ello, se tiene que trabajar en el desarrollo de microorganismos productores de estas enzimas a menor coste y en el desarrollo de cócteles enzimáticos más activos, que reduzcan el consumo específico de éstas, y consecuentemente su impacto en el coste de producción.

- » Nuevas configuraciones de hidrólisis y fermentación:

El proceso se puede optimizar mediante la puesta en práctica de mejoras en la fermentación, haciendo más eficiente la conversión de azúcares de cinco carbonos.

- » Optimización de los sistemas de pretratamiento y fraccionamiento de biomasa:

El proceso inicial de pretratamiento tiene un gran impacto en la eficiencia de los procesos bioquímicos aguas abajo, y tiene además un importante impacto en la eficiencia energética de todo el proceso, por lo que muy conveniente su optimización, y tratar de hacerlo menos agresivo para degradar lo mínimo posible la materia prima. Asimismo, es posible llevar a cabo procesos de fraccionamiento en los que se separen las fracciones de la biomasa tras el tratamiento en corrientes de xilosa, celulosa y lignina puras que se procesan por separado. Esto repercutirá positivamente en la calidad de la lignina y en la eficiencia de las fermentaciones.

Retos de uso final:

- » Desarrollo a escala de demostración preindustrial:

Dado que la tecnología de producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica se ha demostrado de forma exitosa, el próximo paso importante es dar el salto a la escala preindustrial, y poder producir de forma comercial el bioetanol celulósico.

- » Certificación sostenibilidad:

Sirve de aplicación lo explicado en la anterior cadena de valor IV.

VI CADENA DE VALOR: Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocombustibles

La principal característica de la ruta de gasificación y síntesis es la conversión inicial de la biomasa en gas de síntesis a través de un proceso denominado gasificación, mediante el cual se genera una mezcla de gases, fundamentalmente monóxido de carbono e hidrógeno. Estos gases son convertidos mediante procesos catalíticos, y en algún caso biológico, en diferentes productos. Mediante esta ruta común puede producirse un amplísimo rango de productos, como hidrógeno, metanol, etanol, alcoholes superiores, hidrocarburos (gasolina, diésel, queroseno), metano y dimetiléter.

Las tecnologías de gasificación y síntesis de productos mediante procesos catalíticos se emplean en la industria de forma comercial, para producir hidrógeno, metanol, amoníaco, diésel, queroseno, gasolina etc. pero empleando como materias primas recursos fósiles como carbón, gas natural o cortes muy pesados del crudo. El principal reto que se tiene que solventar es ser capaz de generar, a partir de recursos biomásicos, un gas de síntesis en las mismas condiciones de limpieza y pureza que el obtenido actualmente en la industria. Una vez que se haya obtenido este gas de síntesis, el resto de los procesos se podrán adaptar de forma más o menos viable.

Se puede decir que las tecnologías de gasificación para producción de biocombustibles están en estado de demostración, ya que se han operado plantas a esta escala en la Unión Europea. En la planta Beta de la empresa CHOREN INDUSTRIES GmbH, situada en Freiberg (Alemania), se ha demostrado la producción de diésel a partir de biomasa en escala de 50 MW_e, en la planta de CHEMREC AB en Piteå (Suecia) se han producido mezclas de metanol dimetiléter en escala de 15 MW_e a partir de licores negros residuales de plantas de pasta y papel. En España, la mayor experiencia de gasificación y síntesis será la llevada a cabo por el Centro Nacional de Energías Renovables -CENER- en su instalación del Centro de Biocombustibles de 2ª Generación (CB2G), que contará con un gasificador de 15 MW_e.

Materias primas:

A priori, los procesos de gasificación pueden procesar cualquier materia prima con carbono, por lo que cualquier tipo de biomasa sería susceptible de ser materias primas en esta tecnología.

- » Biomasa forestal.
- » Cultivos energéticos herbáceos.
- » Cultivos energéticos leñosos.
- » Residuos agrícolas.
- » Residuos de industrias.
- » FORSU.

Tecnologías:

La tecnología consiste en dos bloques fundamentales, generación de gas de síntesis a partir de biomasa en primer lugar, y conversión del gas en síntesis en biocarburantes.

- » Gasificación de biomasa y conversión catalítica o bioquímica en biocarburantes. La tecnología tiene los siguientes pasos:

Pretratamiento: dependiendo de la tecnología de gasificación, puede ser preciso transformar la biomasa en materiales que puedan ser alimentados al gasificador. Estos procesos de pretratamiento pueden ser simplemente mecánicos (molienda), térmicos (secado) o termoquímicos (pirólisis, torrefacción).

Gasificación: consiste en un proceso de reducción a muy alta temperatura, entre 800 y 1500 °C, en el que la biomasa se transforma en gas de síntesis, esto es mezclas de hidrógeno y monóxido de carbono, así como otros componentes como metano e hidrocarburos ligeros, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrocarburos pesados (también denominados alquitranes), ácido sulfhídrico, amoníaco, etc. que pueden variar sus proporciones según la tecnología de gasificación en particular. Esta tecnología de gasificación puede ser de lecho fluido, lecho fijo o flujo arrastrado. En general, las tecnologías de gasificación deben evitar tener alto contenido de nitrógeno en el gas producto, por lo que la gasificación con aire queda descartada (se tienen que seleccionar

tecnologías de gasificación que emplean oxígeno puro o bien tecnologías de gasificación donde el calor se aporta indirectamente).

Limpieza de gases: se tienen que eliminar del gas de síntesis aquellos componentes como los alquitranes, que dificultan la manipulación del gas. El principal componente a eliminar son los alquitranes, hidrocarburos pesados que condensan al enfriar el gas por debajo de 400 °C.

Acondicionamiento de gases: una vez limpio el gas de síntesis, debe llevarse a las condiciones necesarias para el proceso de síntesis. Los principales parámetros que hay que controlar son: ajustar la relación hidrógeno-monóxido de carbono, eliminar el dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico, y comprimir el gas, ya que en general los procesos de síntesis se llevan a cabo a presión atmosférica.

Síntesis: consiste en la conversión del gas de síntesis, en reactores catalíticos, en los diferentes biocombustibles. De esta forma, se puede generar metanol, etanol y alcoholes superiores, hidrocarburos (en el proceso denominado síntesis de Fischer Tropsch), dimetil éter e hidrógeno. Por otra parte, se están desarrollando tecnologías para llevar a cabo la síntesis bioquímica, es decir, microorganismos que metabolizan el gas de síntesis y producen etanol.

Refinado de productos: según el proceso de síntesis se tienen que llevar a cabo diferentes procesos, aguas abajo, de refinado del producto:

Síntesis	Producto final	Procesos refinado
Metanol	Metanol	No
	Dimetiléter	Deshidratación de metanol
	Olefinas	Metanol a olefinas
	Gasolina	Metanol a gasolina
Etanol y alcoholes	Etanol	Destilación multicomponente
Fischer Tropsch	Diésel Queroseno	Hidrotratamiento e isomeración
Dimetiléter	Dimetiléter	No
Metano	Gas natural sintético	No

Tabla 19, Refinado según proceso de síntesis.

Uso final:

» Bioetanol:

Sirve de aplicación lo explicado en la anterior cadena de valor IV.

» Diésel, gasolina y queroseno sintéticos:

Estos productos son prácticamente idénticos en especificaciones que aquellos derivados del petróleo, por lo que se pueden introducir en las redes de distribución.

» Gas natural sintético:

Las consideraciones para el uso del gas natural sintético serán las mismas que las correspondientes al biogás, ya que su componente principal es el mismo, metano.

Retos tecnológicos:

» Desarrollo de sistemas de purificación, limpieza y acondicionamiento del gas de síntesis:

Se tienen que desarrollar tecnologías para eliminar los alquitranes, componentes inorgánicos como alcalinos, amoníaco, cloro, etc. de forma eficiente, viable y duradera, y aprovechando el calor sensible del gas efluente del gasificador. Se está investigando en todo tipo de tecnologías, como lavado de gases con compuestos orgánicos, reformado catalítico de alquitranes o craqueo térmico. Estos requerimientos de limpieza son mucho más exigentes que los establecidos para aplicaciones térmicas o eléctricas del gas de síntesis.

» Incorporación de la estrategia de intensificación de procesos e integración de procesos unitarios para mejora de eficiencia: concepto de biorrefinería:

La intensificación de procesos es una estrategia tecnológica de diseño y aplicación de sistemas de reacción altamente eficientes, que permite reducir el tamaño y los costes de las plantas químicas. Estas tecnologías resultan muy adecuadas para reacciones químicas muy rápidas y exotérmicas. Así por ejemplo, se debería avanzar en el desarrollo de nuevos reactores catalíticos de alta eficacia (microrreactores). Por otra parte, ha de

tenerse muy en cuenta en dicha estrategia la integración/combinación de procesos unitarios que también mejoran la eficiencia energética y la productividad de la reacción mediante, por ejemplo, la aplicación de reactores de membranas catalíticos que puedan mejorar las condiciones de reacción mediante la retirada de productos en el medio de reacción o por la incorporación del propio concepto de biorrefinería en el que se diseña el proceso global considerando el aprovechamiento de corrientes de productos y/o calores residuales de diferentes procesos parciales.

- » Optimización del diseño y operación de los catalizadores:

Las actividades deben ir dos líneas, por una parte, desarrollar nuevos catalizadores más eficientes para procesos que aún no son comerciales, como la síntesis de etanol, y por otra parte el desarrollo de sistemas de reacción innovadores que optimicen las reacciones de síntesis.

Retos de uso final:

- » Desarrollo a escala de demostración preindustrial:

Dado que la tecnología se ha demostrado de forma exitosa, el próximo paso importante es dar el salto a la escala preindustrial, y poder producir de forma comercial el diésel, queroseno, dimetil éter, etc.

- » Homologación del combustible:

Para que los nuevos combustibles puedan ser usados de forma masiva, minimizando riesgos en los motores, y evitar el rechazo por parte de los fabricantes, tienen que ser homologados en estándares claros de uso.

- » Certificación sostenibilidad:

Sirve de aplicación lo explicado en la anterior cadena de valor IV.

- » Ensayos en flotas:

Demostrar la calidad de estos biocombustibles mediante ensayos en flotas cautivas, en las que se controle estrechamente el combustible y

posteriormente se de visibilidad suficiente a los resultados para crear confianza en los usuarios finales.

- » Desarrollo de infraestructuras para el uso del producto:

Se debe trabajar en la red de infraestructura de distribución de los combustibles para que puedan penetrar en el mercado y estar disponibles para los consumidores. Esto tiene especial impacto en el caso de combustibles sintéticos gaseosos (como el gas natural sintético o el dimetileter), pues la infraestructura actual está diseñada casi exclusivamente para carburantes líquidos.



VII CADENA DE VALOR: Digestión de biomasa para generación de biogás

Ya se ha comentado en la cadena de valor de producción y uso del biogás en el bloque termoeléctrico (cadena III) que las posibilidades de uso del mismo son importantes, y en muchos casos desaprovechadas en España. Una de estas opciones es su utilización como biocarburante de manera directa, o bien tras haber sido inyectado en red.

En todo caso, lo que se pretende es identificar tanto los retos tecnológicos como no tecnológicos asociados a la producción de biogás y posterior empleo como biocombustible en el sector transporte.

Proyectos como el BIOGASMAX de 4 años de duración (2006-2010), cofinanciado por la Comisión Europea, pone de manifiesto las posibilidades de ser empleado el biogás en transporte en diferentes entornos y con distintas materias primas, así como su inyección en la red.

Materias primas:

- » Algas.
- » Cultivos energéticos.
- » Residuos agrícolas.
- » Residuos ganaderos.
- » Residuos de industrias.
- » FORSU.

Tecnologías:

- » Digestión anaerobia.

Recogiendo lo comentado en la cadena de valor homóloga del bloque termoeléctrica, una vez que el biogás ya ha sido producido, se puede utilizar en un vehículo, bien de manera directa o indirecta (inyectarlo en red tras haberlo sometido a los correspondientes procesos de limpieza del gas).

Uso final:

- » Biogás.

Como ya se ha apuntado anteriormente, la eliminación de la cautividad redundaría en un incremento de la potencialidad de este biocombustible gaseoso.

Retos tecnológicos:

Sirve de aplicación lo recogido en la cadena de valor III.

- » Optimización del diseño y operación de los digestores.
- » Acondicionamiento del biogás.
- » Co-digestión: maximizar el rendimiento en la producción de biogás.
- » Valorización del digestato.

Retos de uso final:

Es válido lo especificado en la cadena de valor III.

- » Homologación del combustible.
- » Optimización de los sistemas de almacenamiento para transporte del biogás.
- » Inyección en red.
- » Aspectos legislativos y normativa sobre el tratamiento de residuos.

VIII CADENA DE VALOR: Conversión pirólítica térmica y catalítica de biomasa lignocelulósica y upgrading

La pirólisis es la descomposición térmica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Los compuestos orgánicos sometidos a este proceso se descomponen en gases, hidrocarburos condensables y un residuo carbonoso denominado char. Todos estos productos generados mediante pirólisis pueden aprovecharse de diferentes maneras.

La pirólisis rápida permite producir un combustible líquido denominado bio-oil (bioaceite), que puede sustituir al fueloil en sistemas de generación de calor o electricidad. Este proceso, que está todavía en fase de desarrollo, puede obtener unos rendimientos de hasta el 70% (considerando alimentación con biomasa seca). Además, se produce gas y char reutilizables en el proceso, por lo que no se generan corrientes residuales.

Las fracciones de los productos generados de la pirólisis de materia orgánica presentan las siguientes características:

- Gases: están compuestos por H_2 , CH_4 , CO , CO_2 y otros compuestos orgánicos. La proporción de cada compuesto depende del material pirolizado y de las condiciones de operación (temperatura, tiempo de residencia). En total, pueden representar alrededor del 20% del contenido energético del material inicial.
- Condensables: son líquidos a temperatura ambiente y están formados por un conjunto de alquitranes y/o aceites que contienen agentes químicos como ácido acético, acetona y metanol. Contienen típicamente el 65-70% de la energía del material inicial.
- Coque o char: consiste en carbono casi puro mezclado con el material inerte que contiene el producto a pirolizar. En total, puede representar el 10-15% del contenido energético del material inicial.

El producto condensable resultante de la pirólisis de la biomasa puede utilizarse como combustible debido a que su PCI alcanza las 6.000-7.000 kcal/kg.

Desde el punto de vista logístico, la pirólisis reviste gran interés por su capacidad de convertir la biomasa sólida en un líquido de alta densidad energética que, además de mejorar la economía de transporte -es fácil de manipular- puede bombearse a posteriores procesos presurizados (p.e. gasificación + síntesis). Es posible además emulsionar el char producido en el proceso en el propio bioaceite, lo que permite conseguir una mayor densidad energética. Por ello, es un firme candidato para el transporte de biomasa a las futuras biorrefinerías que utilicen procesos termoquímicos. El bioaceite puede verse como un “biopetróleo” para su uso en biorrefinerías.

Materias primas:

- » Algas.
- » Biomasa forestal.
- » Residuos agrícolas.
- » Residuos ganaderos.
- » Residuos de industrias.
- » FORSU.
- » Cultivos energéticos herbáceos.
- » Cultivos energéticos leñosos.

Tecnologías:

- » Pirólisis de biomasa lignocelulósica y upgrading.

Se pueden dar tres procesos de pirólisis desde el punto de vista operativo: pirólisis convencional, pirólisis rápida (fast pyrolysis) y pirólisis instantánea (flash pyrolysis). Las condiciones de operación y los productos mayoritarios generados en cada uno de estos procesos se detallan en la siguiente tabla:

Proceso	Temperatura (°C)	Velocidad de calentamiento (°C/s)	Tiempo de residencia	Producto mayoritario
Convencional	500	2	Gases: 5 s Sólidos: horas	Char y condensados
Rápida	400-800	> 2	Gases: < 2 s	A 500 °C, condensados
Instantánea	> 600	> 200	Gases: < 0,5 s	Gases e hidrocarburos ligeros

Tabla 20, Procesos de pirólisis.

De los tres procesos, la pirólisis rápida es la que ofrece mayores ventajas de cara a su desarrollo

debido a que la pirólisis convencional produce gran cantidad de char y de gases y que la pirólisis instantánea es muy compleja desde el punto de vista tecnológico. Mediante la pirólisis rápida, la biomasa se descompone en vapores y algo de coque. Tras una etapa de separación de sólidos (char) y de otra de refrigeración y condensación, se obtiene un líquido marrón oscuro de alto poder calorífico. El principal objetivo de este proceso es producir la mayor cantidad posible de bio-oil. Para ello, es crítico aportar a la biomasa la temperatura óptima que minimice la generación de coque maximizando la producción de bio-oil.

Uso final:

- » Diésel, queroseno, gasolina sintética.
Generación de biocombustibles para el transporte, que se deberán verificar en biorrefinerías termoquímicas. También, producción de productos químicos mediante extracción. Etapa de acondicionamiento de la biomasa previa a una etapa de generación de combustibles sintéticos.
Generación de calor y electricidad a partir de residuos complejos (elevado contenido en metales y cenizas) mediante tratamiento a temperaturas superiores a los 600 °C como solución a las emisiones por combustión.

Retos tecnológicos:

- » Nuevos catalizadores para aumentar el rendimiento del proceso.
Evaluar la posibilidad de empleo de catalizadores para aumentar la eficiencia del proceso, mejorar el bioaceite del mismo reduciendo los compuestos oxigenados, etc.

- » Mejorar la estabilidad del aceite de pirólisis.
Valorar las posibilidades de mejorar la estabilidad de aceite de pirólisis para su almacenamiento y posterior empleo en aplicaciones diversas: motores, turbinas, etc.
- » Upgrading para el procesado en unidades de refinería.
Evaluar las etapas necesarias para poder incluir una línea de bioaceite de pirólisis en una refinería actual, y en las futuras biorrefinerías.
- » Pirólisis de residuos limitados para su combustión; otras posibilidades de valorización de estos residuos.
Investigación de las posibilidades de valorización de residuos complejos, o con alto contenido en metales y cenizas, susceptibles de sinterización a aproximadamente 500-600 °C. Nuevas posibilidades de valorización de los RSU.

Retos de uso final:

- » Proyectos piloto y de demostración de hidrogenación de aceites.
Proyectos piloto de viabilidad técnico-económica del escalado de este tipo de instalaciones en un funcionamiento en modo continuo/pre-industrial.
- » Homologación del combustible.
Caracterización y upgrading necesarios para la homologación del combustible, de forma similar a otros tipos de combustibles estandarizados.
- » Integración en otras unidades industriales (p.e. refinerías).

IX CADENA DE VALOR: Conversión catalítica de azúcares en combustibles y químicos

Los procesos de conversión catalítica de azúcares aparecen como variante de los procesos de fermentación para producir bioetanol, si bien, en lugar de consistir en la fermentación “sencilla” de los azúcares para producir bioetanol, se puede transformar los azúcares en otros productos como hidrocarburos de cadenas más o menos largas, que podrían sustituir a la gasolina, el diésel o el combustible de aviación, u otros productos químicos como butanol, ácidos carboxílicos (adípico, succínico, málico) furánicos o farnasenos que pueden tener uso como combustible en automoción o como plataformas para la producción otros productos más complejos. La tecnología por lo tanto consta de una primera fase de generación de los azúcares, análoga a la correspondiente en la producción de bioetanol de cereal, caña o lignocelulosa y una segunda fase en la que los azúcares se convierten mediante procesos catalíticos o bioquímicos en otros productos químicos.

Los principales retos tecnológicos a superar para llevar estas tecnologías al mercado son, principalmente, la producción y purificación de las corrientes de azúcares hasta una calidad suficiente para que puedan ser procesados y el desarrollo de tecnologías catalíticas y bioquímicas para convertir estos azúcares en productos. Finalmente también se tienen que desarrollar y adaptar procesos de transformación secundarios para convertir los productos primarios en otros de mayor interés.

Este grupo de alternativas comprende un elevado número de tecnologías que pueden dar lugar a muchas posibilidades, la mayoría de las cuales se encuentran en un estado de desarrollo muy preliminar, habiéndose llevado a cabo desarrollos de laboratorio y en algún caso pilotos. No obstante, la posibilidad de emplear la tecnología de producción y purificación de azúcares que se emplea actualmente en el bioetanol implica que los desarrollos se pueden acelerar empleando el conocimiento desarrollado en estas otras opciones.

Materias primas:

En general, se puede emplear cualquier materia prima que esté compuesta en última instancia por azúcares, esto es caña, almidón, celulosa, xilosa. Los tipos de materiales serían:

- » Cultivos energéticos herbáceos.
- » Cultivos energéticos leñosos.
- » Residuos agrícolas.

Tecnologías:

- » Transformación catalítica de azúcares:
Transformación de azúcares en productos avanzados:

Pretratamiento e hidrólisis: los pasos hasta llegar a producir los azúcares son los mismos que en las cadenas de producción de bioetanol a partir de cereal y de lignocelulosa.

Purificación: en muchos de los casos, por las propias tecnologías de

conversión posteriores, es preciso llegar a niveles de pureza en la corriente de azúcares muy elevada, por lo que debe tratarse la corriente de azúcares para ser purificada.

Conversión bioquímica de azúcares: mediante la acción de microorganismos, se llevan a cabo procesos de fermentación, mediante los cuales se convierten los azúcares en productos intermedios, como mezclas de hidrocarburos u otros productos oxigenados.

Conversión catalítica de azúcares: los azúcares son convertidos en otras moléculas en reactores catalíticos de fase líquida.

Refinado de productos: los productos generados mediante los procesos anteriores en general no son de aplicación directa –aunque en algunos casos pudieran serlo–, por lo que tienen que ser transformados en otros compuestos. Estos procesos en general

son catalíticos, y habituales en la industria petroquímica, como hidrogenaciones, polimerizaciones, deshidrataciones, etc. Estos procesos también pueden aplicarse a los alcoholes formados en las cadenas de valor de etanol.

Uso final:

- » Nuevos biocombustibles a homologar:
 - Gasolina.
 - Combustible de aviación.
 - Diésel.

- » Además de los usos como carburantes, los compuestos así generados pueden sustituir a otros productos obtenidos de forma convencional a partir de derivados del crudo :
 - Surfactantes.
 - Materiales (plásticos).
 - Disolventes.
 - Lubricantes.

Retos tecnológicos:

- » Investigación en catalizadores y procesos de conversión de azúcares:

Desarrollo de catalizadores que conviertan los azúcares en los productos identificados, y el proceso asociado para llevar a cabo la reacción catalítica. Estos catalizadores deben ser heterogéneos- para evitar complejos procesos de separación-, estar basados en materiales baratos, y ser suficientemente robustos para soportar los componentes procedentes de la biomasa.

- » Investigación en microorganismos para conversión avanzada de azúcares:

Se tiene que desarrollar, aplicando técnicas de biología molecular, microorganismos específicamente diseñados para llevar a cabo las conversiones deseadas de los azúcares en los productos seleccionados.

- » Desarrollo de procesos asociados para extracción de componentes:

Los productos generados en los procesos anteriores no son de aplicación directa en la mayoría de los casos por lo tienen que ser separados y transformados en otros compuestos finales. Los procesos empleados son habituales en la industria petroquímica pero deben ser adaptados para la nueva aplicación.

- » Procesos de purificación de las corrientes para llevar a cabo las conversiones:

Las corrientes de azúcares procedentes de biomasa tienen muchas impurezas, de forma que en muchos casos deben ser eliminados componentes que inhiben los catalizadores o los microorganismos aguas abajo, o incluso los azúcares han de ser extraídos de la corriente para alcanzar elevados niveles de pureza.

Retos de uso final:

- » Homologación del combustible:

Los combustibles producidos mediante esta cadena de valor son en muchos casos nuevas moléculas cuyo uso no está certificado actualmente. Por tanto, se tienen que llevar a cabo las acciones para homologar los combustibles correspondientes, tanto gasolina, diésel, como combustible de aviación.

- » Homologación, para otras aplicaciones, de los productos no energéticos:

Para las otras aplicaciones señaladas, se tendrán que llevar a cabo igualmente acciones de homologación con el fin de certificar la validez para sustituir a los productos que actualmente se usen en las aplicaciones correspondientes.

X CADENA DE VALOR: Plataforma aceites (conversión convencional + hidrotratamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil)

La principal característica de esta cadena de valor es que contempla la existencia de varias unidades de proceso integradas, de manera que los procesos se configuren de diversas maneras para adaptarse mejor a la gran diversidad de materias primas que pueden admitir; y al mismo tiempo para conseguir una gran variedad de productos similares a los obtenidos en una refinería de petróleo.

Las materias primas que pueden procesarse incluyen aquellas con un origen 100% biológico, bien sea un aceite vegetal, un biolíquido (p.e. látex) o una alimentación (materia lignocelulósica, algas) que se transforma en un aceite, así como su procesado conjunto con alimentación fósil.

Las instalaciones consideradas pueden integrar procesos exclusivos de la bioenergía con unidades de refinería existentes para el procesado de combustibles fósiles. Entre las unidades específicas de la biomasa pueden considerarse la pirólisis, la transesterificación y el hidrotratamiento dedicado. La tecnología de pirólisis está en estado de demostración, siendo una de sus mayores barreras tecnológicas la calidad del aceite obtenido para su procesado posterior. En esta cadena de valor se espera que dicha barrera sea superada mediante mezcla del aceite de pirólisis con crudo mineral. El proceso de transesterificación es un proceso comercial y como tal sujeto a mejoras. El hidrotratamiento de aceite vegetal es un proceso susceptible de grandes desarrollos, ya que aunque a nivel comercial existe un proceso (desarrollado por NESTE OIL) y un proceso demostrado y con posibilidad de licencia (desarrollado por UOP), la gran variedad de materias primas posibles y de productos a obtener abre el marco del diseño de procesos.

Entre las unidades existentes para el procesado de crudo de petróleo pueden incluirse todas las unidades de conversión de una refinería entre las que destacan las que son tratamientos con hidrógeno. El reto está en la integración con el resto de unidades y en el posible procesado de corrientes de otra naturaleza con contenidos en metales, cloro, nitrógeno muy diferentes a los crudos convencionales.

Los productos obtenidos son biodiésel, bioqueroseno, hidrobiodiésel, biogases (excluyendo metano: propano, butano) y otros no convencionales que requerirán un proceso de homologación específico.

Materias primas:

A priori, se puede procesar cualquier materia prima con carbono, por lo que todo tipo de biomasa será susceptible de ser materias primas en estas tecnologías.

- » Algas.
- » Biomasa forestal.
- » Residuos agrícolas.
- » Cultivos energéticos herbáceos.
- » Cultivos energéticos leñosos.

Las materias primas que encajan en esta cadena de valor son aquellas que:

- » Producen aceites vegetales.
- » Producen un líquido como látex proveniente de cultivos laticíferos o aceite de algas cuya fracción de triglicéridos no es mayoritaria.
- » Producen aceite de pirólisis, que serán alimentados a las unidades de refinería. La alimentación a las unidades de refinería son biolíquidos por lo que se considera materia prima en primera instancia de esta cadena de valor aquellas biomásas sólidas susceptibles de producirlos.

Tecnologías:

- » Conversión convencional + hidrot ratamiento + pirólisis + tratamiento en otras unidades de refinería solo o conjuntamente con el combustible fósil.

Las tecnologías contempladas en esta cadena de valor son las de las unidades de refinería de petróleo existentes sucesivas, combinadas con procesos específicos de materias primas biológicas como la pirólisis, la transesterificación y el hidrot ratamiento dedicado. Suponen diferentes posibilidades de procesos sin que una implique la otra, aunque puede darse el caso de procesos que impliquen varias unidades. La pirólisis no es una unidad convencional de refinería de petróleo, pero está incluida sólo como proceso de acondicionamiento de la materia prima según nota anterior en el apartado de ‘materias primas’.

Uso final:

- » Biodiésel (ésteres).
- » Biocombustibles hidrot ratados: bioqueroseno, hidrobiodiésel, biogases (propano, butano).
- » Nuevos biocombustibles a homologar.

Bajo el epígrafe de ‘Nuevos combustibles a homologar’ se engloban biocombustibles de distinta naturaleza que los denominados convencionales (FAME, etanol o aceite vegetal hidrot ratado). Se piensa por ejemplo en biocombustibles procedentes del procesamiento del látex proveniente de cultivos laticíferos, o el biocombustible líquido proveniente de aceite de algas cuya fracción de triglicéridos no es mayoritaria.

Retos tecnológicos:

- » Optimización del sistema catalítico para mejorar la viabilidad técnica del proceso:
Necesaria dado que el sistema debe enfrentarse a alimentaciones de diferente naturaleza, siendo clave su contenido en metales, cloro, etc. Además estas alimentaciones pueden requerir del catalizador una actividad de hidrocrqueo o de hidroisomerización que no requerirían las alimentaciones exclusivamente fósiles.

- » Integración del proceso con procesos convencionales de producción de combustibles (refinería), buscando la escala de demostración preindustrial.

El reto está en integrar el procesamiento de biolíquidos a escala industrial afrontando las modificaciones necesarias sin causar problemas operativos en el funcionamiento conjunto de las unidades.

- » Desarrollo de procesos de transformación a biocarburantes:

Involucran los aspectos del proceso además de los catalíticos dada la naturaleza de los biolíquidos procesados y su necesidad de craqueo –isomerización para el diseño del producto deseado, según se ha explicado anteriormente.

Retos de uso final:

- » Homologación del combustible:
Para que los nuevos combustibles puedan ser usados de forma masiva, minimizando riesgos en los motores, y evitar rechazo por parte de los fabricantes, tienen que ser homologados en estándares claros de usos en motores.

VECTORES BIOENERGÉTICOS INTERMEDIOS

CADENA DE VALOR	TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS	RETOS TECNOLÓGICOS	RETOS DE USO FINAL
Estudio de las posibilidades de la torrefacción, pirólisis y densificación como pretratamientos.	Densificación.	i. Mejoras en el diseño para la reducción de costes y aumento de la calidad.	i. Demostrar el producto en sus diferentes usos finales y cadenas logísticas.
	Pirólisis.	ii. Demostrar la tecnología a escala piloto (para las tecnologías de torrefacción y pirólisis).	ii. Valorización del char de pirólisis.
	Reducción granulométrica.	iii. Ampliar el rango de materias primas que pueden utilizarse y alcanzar la capacidad de diseñar biocombustibles a la carta.	
	Secado.	iv. Desarrollo del secado solar de la biomasa.	
	Torrefacción.		

Tabla 11, Cadena de valor para bloque de vectores bioenergéticos.

El objetivo de esta línea es la reducción de costes de producción y transporte de los biocombustibles, y mejora de su calidad. En este apartado pueden citarse como principales las siguientes líneas de desarrollo tecnológico:

- a. Producción de biomasa pulverizada para aplicaciones de co-combustión.
- b. Desarrollo de equipos de molienda y secado de biomasa más eficientes y de menor coste que los actuales. En el caso del secado es de especial interés la investigación relativa al secado solar de la biomasa.
- c. Desarrollo de la producción de pellets para uso doméstico a partir de biomásas herbáceas y leñosas de contenido medio en cenizas.
- d. Desarrollo de sistemas de densificación de bajo coste para productos de uso industrial.
- e. Conversión mediante pirólisis a bioaceite, obteniendo sí un vector energético líquido que conlleva un transporte y alimentación a equipos eficiente.



MATERIAS PRIMAS

El objetivo fundamental de esta hoja de ruta Plan de Implementación de BIOPLAT a 2015 consiste en la implementación de las cadenas de valor bioenergéticas consideradas más importantes actualmente. Un abastecimiento sostenible y razonable de materias primas será un factor crítico para el éxito con una perspectiva a largo plazo de las tecnologías de biomasa a gran escala. Esto se relaciona con los esfuerzos en mejorar la productividad de estos sectores, desarrollar cadenas de abastecimiento fiables y sostenibles que fomenten el potencial de materia prima, sistemas de certificación, y que eviten distorsiones en los mercados agrícolas y forestales. Estos desafíos que no son exclusivos del uso energético de la biomasa deben ser afrontados compartiendo esfuerzos con otros agentes involucrados.

Para asegurar que los proyectos desarrollados sean diseñados con una consideración global de sostenibilidad en el aprovisionamiento de materia prima, deben desarrollarse criterios de elegibilidad y selección adecuados.

LISTADO MATERIAS PRIMAS DEFINIDAS	RETOS TECNOLÓGICOS	RETOS DE USO FINAL	RETO TRANSVERSAL
Algas.	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo del downstream (cosechado y procesado). · Incrementar la escala de los proyectos. · Desarrollo de las tecnologías de cultivo (mejora de materiales y optimización insumos). · Selección de especies. 	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo normativo. 	Unificación de criterios e indicadores de sostenibilidad.
Biomasa forestal.	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo tecnológico para alcanzar la rentabilidad de la biomasa extraída/coste. 	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo de metodologías para el estudio del potencial de producción y de mercado con criterios de sostenibilidad. 	
Cultivos energéticos herbáceos.	<ul style="list-style-type: none"> · Optimización de insumos: uso eficiente de los recursos, desarrollo de maquinaria, mejora en el desarrollo de los procesos logísticos, optimización de tratamientos de control químico y mecánico. 		
Cultivos energéticos leñosos.	<ul style="list-style-type: none"> · Selección y mejora de material vegetal. 		
FORSU.	<ul style="list-style-type: none"> · Mejora de los pretratamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> · Normalización de la FORSU. 	
Residuos agrícolas. Residuos ganaderos. Residuos de industrias	<ul style="list-style-type: none"> · Aumentar número de materiales susceptibles de ser tratados en digestión anaerobia. 	<ul style="list-style-type: none"> · Eliminar restricciones entre usos alimentarios y energéticos. 	

Tabla 12, Listado de materias primas y sus retos.

Como puede consultarse en la tabla, existe un reto transversal que sería la unificación de criterios e indicadores de sostenibilidad.

En función del tipo de materia prima se identifican las siguientes necesidades de investigación:

Cultivos energéticos herbáceos y leñosos

Retos tecnológicos:

- Optimización de insumos: uso eficiente de los recursos, desarrollo de maquinaria, mejora en el desarrollo de los procesos logísticos, optimización de tratamientos de control químico y mecánico:

Para obtener un mejor balance tanto económico como energético (y por tanto de GEI) en la producción de biomasa a partir de cultivos energéticos, es necesario un desarrollo y mejora de las prácticas agronómicas asociadas a la producción de estos cultivos.

A diferencia de los cultivos tradicionales, los cultivos energéticos se encuentran en las primeras fases de su desarrollo: selección de variedades, mejora genética, diseño de maquinaria específica, establecimiento de los requerimientos agroclimáticos así como de la óptima agronomía y manejo del cultivo.

Cuestiones como las que se exponen a continuación deberían ser objeto de un continuo proceso de investigación y mejora:

- Requerimientos edafo-climáticos de los cultivos energéticos, de manera que se conozca de forma clara e inequívoca cuáles son los cultivos más adecuados según las condiciones agroclimáticas de un territorio y las producciones esperadas.
- Requerimientos hídricos y de fertilización de los cultivos para conocer los niveles óptimos de insumos agrícolas específicos de cada cultivo.
- Estudio y optimización de los productos y procesos para el control de plagas y enfermedades
- Desarrollo de maquinaria específica de la producción de cultivos energéticos, especialmente la relacionada con los procesos de cosecha y siembra o plantación.
- Desarrollo y optimización de los procesos logísticos del procesado de la biomasa, almacenamiento y transporte de la misma.
- Estudio de nuevas posibles especies vegetales mejoradas con potencial como cultivo energético.

Así, se cree necesario un continuo desarrollo y mejora de las prácticas agrícolas asociadas a la producción de cultivos energéticos, de manera que se logre un mayor conocimiento tanto teórico como práctico, por parte del sector agrario, sector fundamental en los países del sur de Europa para el desarrollo de la biomasa y los objetivos de energías renovables que recaen sobre ella.

- Selección y mejora de material vegetal:
Selección y mejora, en relación a la producción, teniendo en cuenta tanto la adaptación al emplazamiento como la eficiencia en el uso de los recursos.

Retos de uso final:

- Desarrollo de metodologías para el estudio del potencial de producción y de mercado con criterios de sostenibilidad

Desarrollo tecnológico para alcanzar la rentabilidad de la biomasa extraída/coste. Estimación de la biomasa potencialmente extraíble sin pérdida de productividad de los sistemas forestales:

Tanto la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energías renovables, como el informe de la Comisión Europea sobre requerimientos de sostenibilidad para el uso de biocombustibles sólidos y gaseosos como fuente de energía para el sector eléctrico, térmico y transporte, establecen una serie de criterios para la procedencia de la biomasa que se deben cumplir para garantizar la sostenibilidad del sector. Mención especial se realiza sobre la biomasa cultivada (cultivos energéticos) y las tierras donde se producen.

En ambos documentos, así como en el anteriormente citado Real Decreto 1597/2011, se fomenta la producción de biocombustibles en tierras degradadas y/o altamente contaminadas así como en tierras degradadas restauradas o tierras no explotadas para la agricultura antes de enero del 2008, añadiendo una prima de 29 g de CO₂eq/MJ en la contabilización de GEI en la producción de biocombustibles. Asimismo, no se consideran sostenibles los biocombustibles producidos con materia prima procedente de bosques primarios y otras superficies boscosas [*“...bosques y otras superficies boscosas de especies nativas, cuando no hay signos visibles claros de actividad humana y los procesos ecológicos no están perturbados significativamente...”*] zonas designadas con fines de protección de la naturaleza, de las especies o ecosistemas raros, amenazados o en peligro así como prados y pastizales con una rica biodiversidad o tierras con elevadas reservas de carbono (con ciertas excepciones, según lo dispuesto en los artículos 17.3-17.5 de la citada Directiva).

Será la Comisión quien [*“...podrá decidir que las tierras incluidas en un programa nacional o regional para la reconversión de tierras gravemente degradadas o altamente contaminadas corresponden a los criterios...”*] que se han resumido. Aun así, la Comisión no ha establecido todavía los valores o criterios concretos que debe cumplir un terreno para clasificarse como alguno de los mencionados tipos de tierras.

Por otro lado, los estudios de potencial de producción de biomasa realizados por el momento no han tenido en cuenta o no se han centrado en la evaluación de los estos tipos de tierras a las que la Comisión quiere dirigir la producción de biocombustibles. Como consecuencia, tampoco se conoce con certeza la respuesta que los cultivos energéticos y concretamente su productividad puede tener al producirse sobre las tierras degradadas y/o contaminadas.

Por todo ello se considera necesario tener en cuenta estas cuestiones en las agendas estratégicas de investigación y en la elaboración de programas y planes de investigación, independientemente del sector o cadena de valor (termoeléctrico o transporte) de que se trate, pues las materias primas suponen un bloque transversal al uso final al que se destine el aprovechamiento energético de la biomasa.

Biomasa forestal

Constituye una biomasa de calidad intermedia como combustible entre las biomásas herbáceas, de alto contenido en cenizas y compuestos alcalinos, y los residuos de la industria de la madera, que se está utilizando de forma creciente en aplicaciones térmicas, tanto industriales como en los sectores doméstico y terciario, y en la generación eléctrica. Los altos costes de recolección y logísticos y la existencia de mercados alternativos constituyen las principales barreras para el empleo energético de este tipo de biomasa en España.

Retos tecnológicos:

- Desarrollo tecnológico para alcanzar la rentabilidad de la biomasa extraída/coste.

Retos de uso final:

- Desarrollo de metodologías para el estudio del potencial de producción y de mercado con criterios de sostenibilidad.

Bajo el epígrafe de cultivos energéticos herbáceos, leñosos y biomasa forestal se contemplan tanto las especies que pudiéramos denominar convencionales, como las nuevas especies no contempladas hasta el momento para esos usos. La identificación de estas últimas se une al resto de retos tecnológicos definidos, que aumentan su complejidad si no existe gran conocimiento de estas especies en el estado del arte.

Residuos agrícolas, ganaderos y de industrias

Los residuos agrícolas, principalmente los de naturaleza herbácea (paja de cereal) son muy poco utilizados para usos energéticos, si bien la dificultad de esta aplicación reside, fundamentalmente, en los aspectos de recolección y logísticos de estas biomásas, incluyendo, además, la existencia de mercados alternativos no energéticos y la gran variabilidad de producción anual, circunstancias que afectan a la viabilidad de su uso como combustible.

Los residuos de industrias forestales y agrícolas constituyen la biomasa sólida más utilizada en la actualidad debido a las ventajas que otorgan su producción centralizada y bajos costes, así como, en muchos casos, su alta calidad como combustibles.

Retos tecnológicos:

- Aumentar número de materiales susceptibles de ser tratados en digestión anaerobia.

Retos de uso final:

- Eliminar restricciones entre usos alimentarios y energéticos.

FORSU

La definición de biomasa recogida en la Directiva 2009/28/CE incluye la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales. Constituyen una fuente renovable que en la actualidad se está aprovechando sólo parcialmente. A pesar de que según el Real Decreto 661/2007, por el que se regula la producción de energía eléctrica en régimen especial, *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*, no se incluye la FORSU en el grupo de energías renovables del citado Real Decreto. Por otra parte, la legislación relativa a residuos obliga en un plazo medio a reducir la cantidad de FORSU destinada a vertedero, por lo que resulta imprescindible su tratamiento y valorización. Se trata de un recurso muy abundante y localizado, que ofrece grandes posibilidades de generación de energía renovable que está siendo infrautilizada y que genera problemas medioambientales. Actualmente, parte de esta biomasa se trata en unidades de biometanización, generándose un biogás que puede ser valorizado (consultar cadenas de valor III y VII). No obstante, la FORSU es en sí un combustible que puede ser valorizado directamente en procesos térmicos, tal como se hace en las unidades de valorización energética de RSU. Dichas unidades emplean como combustible el rechazo de los procesos de tratamiento de RSU, cuyo contenido en biomasa debe ser determinado.

Retos tecnológicos:

- Mejora de los pretratamientos.
- Determinación del contenido biomásico del combustible.

Retos de uso final:

- Legislación y normalización de la FORSU.

Algas

Este prometedor sector presenta una serie de ventajas, potenciales aún (alta eficiencia fotosintética, posibilidad de cultivar algas tanto con agua de mar como con efluentes residuales, aprovechamiento del CO₂ de procesos industriales, etc.) frente a las tecnologías y cultivos convencionales de producción de biomasa y, sobre todo, ofrece la posibilidad de llegar a conseguir las metas propuestas con un balance energético positivo. Para un mayor detalle de la biomasa de algas, se recomienda consultar el documento 'Energía de las algas: presente y futuro', publicado por BIOPLAT en 2010, y en el que se recogen con mayor grado de detalle los retos aquí descritos.

Retos tecnológicos:

- Desarrollo del downstream (cosechado y procesado).

El cosechado es un punto fundamental en la problemática de la producción de algas para biomasa. En el caso de las microalgas, el cosechado de organismos que miden entre 2 y 200 µm, y que además normalmente se cultivan a unas densidades de cosechado bajas, es muy costoso en equipos y energía especialmente si la tecnología de cosechado se basa en la centrifugación, como es el caso actualmente. Las densidades en raceway son más bajas que en fotobiorreactores, por lo que los costes de cosechado son aún superiores.

- Incrementar la escala de los proyectos.

Según avance la investigación sería necesario contar con instalaciones piloto, que no necesariamente tienen que ser excesivamente grandes, en las que verificar y demostrar los desarrollos, de forma que los datos obtenidos permitan la implantación de la producción de algas con fines energéticos a gran escala. En la medida de lo posible, estas instalaciones piloto deberían tener un fácil acceso a puntos de emisión de CO₂ y agua marina y/o residual. La investigación debe permitir el desarrollo de módulos industriales y de sistemas de cultivo escalables que permitan conseguir producciones sostenibles a gran escala.

- Desarrollo de las tecnologías de cultivo (mejora de materiales y optimización insumos).

La disminución de los costes de producción y la maximización de los beneficios debe pasar por el aumento de la eficiencia en la producción de la biomasa. Para ello sería necesario reducir los costes de cultivo, como por ejemplo el gasto de fertilizantes y CO₂, así como por supuesto minimizar el consumo de agua.

El aporte de CO₂ gratuito o con un coste mínimo resulta fundamental para la viabilidad energética y económica del proceso, así como el bajo consumo de energía.

Además, habría que aumentar el valor añadido del producto obteniendo no únicamente biocombustibles, sino otros productos de interés en la biomasa residual, es decir, desarrollando el concepto de biorrefinería.

Respecto a la mejora de materiales, para el caso de los fotobiorreactores deberían desarrollarse materiales plásticos transparentes a la radiación solar, resistentes, filtrantes a las radiaciones ultravioleta, antiadherentes (antifouling), rígidos, con bajo coste y reciclables.

- Selección de especies.

Las algas constituyen un grupo de organismos fotosintéticos muy diverso que han colonizado una amplia variedad de ecosistemas acuáticos y terrestres gracias a su alta plasticidad y diversidad metabólica. Es necesario explorar la alta diversidad que presentan, de las aproximadamente 100.000 especies distintas de algas que se estima que existen, el 90% está aún por valorar. El reto para la investigación está en obtener especies de microalgas en las que se consiga un balance óptimo entre crecimiento y acumulación de lípidos que permita optimizar el proceso.

Retos de uso final:

- Desarrollo de la normativa que permita asegurar el desarrollo de esta tecnología.

Un marco de apoyo y regulación adecuado siempre resulta importante para respaldar el desarrollo de nuevas tecnologías que se encuentran en proceso de desarrollo, como es el cultivo de algas para producción de biomasa.

Referencias

- » Agenda Estratégica de Investigación de la European Biofuels Technology Platform -EBTP- (Plataforma Tecnológica Europea de Biocombustibles), 2010.
- » Barómetro del Biogás, EurObserv´ER (2010).
- » BIOGASMAX project, Biogas fabrication and biogas production for sustainable development (Proyecto BIOGASMAX, producción de biogás para un desarrollo sostenible), 2006-2010.
- » Directiva Europea de Energías Renovables 2009/28/CE.
- » Documento de Visión a 2020, 2030 y 2050 de la European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling -RHC-Platform- (Plataforma Tecnológica Europea de Climatización Renovable), 2011.
- » Estrategia Estatal de Innovación (e2i), 2010.
- » Estudio de Analistas Financieros Internacionales -AFI- para APPA Biomasa: Balance económico de la actualización de las retribuciones a la producción eléctrica a partir de biomásas (2011).
- » European Strategic Energy Technology Plan SET-Plan (Plan Estratégico en Tecnologías Energéticas), 2009.
- » Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio técnico PER 2011-2020 (2011).
- » Implementation Plan of the European Industrial Bioenergy Initiative -EIBI- (Plan de Implementación de la Iniciativa Europea Industrial en Bioenergía), 2010.
- » Inventario de plantas de biomasa, biogás y pellets de APPA (2011).
- » Joint Programme of Research in Bioenergy (Programa Conjunto de Investigación en Bioenergía) de la European Energy Research Alliance -EERA- (Alianza Europea de Investigación en Energía), 2011.
- » Líneas Estratégicas de Investigación, BIOPLAT (2009).
- » Plan de Acción Nacional de Energías Renovables PANER 2011-2020 (2010).
- » Plan de Energías Renovables PER 2011-2020 (2011).

- » Proyecto singular estratégico PSE PROBIOGÁS (2007-2011).
- » Real Decreto 1597/2011 de Sostenibilidad de los Biocarburantes y Biolíquidos.
- » Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- » Visión a 2030, BIOPLAT (2009).