

# Manual sobre las **Biorrefinerías** en España



**BioPlat**   
PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DE LA BIOMASA

**SUSCHEM<sup>ES</sup>**  
Sustainable Chemistry



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD



ASOCIACIÓN  
ESPAÑOLA  
DE BIORREFINERÍAS



**Las Plataformas Tecnológicas Españolas de Biomasa para la Bioeconomía (BIOPLAT) y de Química Sostenible (SusChem-España) han elaborado conjuntamente este Manual sobre las Biorrefinerías en España. El propósito del Manual es aportar conocimiento sobre este prometedor sector bioindustrial e identificar las ventajas estratégicas que supondría aprovechar esta oportunidad en España, al igual que ya se está haciendo en otros Estados miembros de la UE. Dado que, tal y como se demuestra a lo largo del Manual, el país cuenta con los recursos y está especialmente bien posicionado para hacerlo con éxito.**

Ambas Plataformas agradecen, en primer lugar, al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, en concreto a la Dirección General de Innovación y Competitividad y a la Subdirección General de Colaboración Público-Privada, el excepcional apoyo que proporcionan a todas las actividades que se ponen en marcha en el seno de las Plataformas. Apoyo sin el cual sería prácticamente inviable llevar a cabo trabajos como éste, en el cual han intervenido grandes, pequeñas y medianas empresas, centros tecnológicos públicos y privados, universidades, fundaciones, parques científico-tecnológicos, administraciones públicas de las Comunidades Autónomas y también del Gobierno de España. Este conjunto multidisciplinar de agentes ha compartido durante más de dos años sus experiencias empresariales e investigadoras, su visión sobre las biorrefinerías que deberían establecerse en España y, sobre todo, unas grandes expectativas ante la posibilidad de establecer este nuevo concepto de industria abastecida por biomásas, con enorme potencial para contribuir a alcanzar numerosos objetivos perseguidos por las políticas socioeconómicas y medioambientales, tanto a escala nacional, como europea e internacional. Desde BIOPLAT y SusChem-España se agradece profundamente a todos los implicados en la elaboración de este Manual tanto sus valiosas aportaciones, como el esfuerzo y la ilusión mostrados a lo largo de todo este tiempo. La publicación de este Manual sobre las Biorrefinerías en España es el punto de partida de la colaboración entre ambas Plataformas y los sectores que representan, el de la biomasa y el de la química sostenible, pues aún queda mucho por hacer para conseguir una sólida implementación de una verdadera bioeconomía para España. Magnífico desafío.

El Manual sobre las Biorrefinerías en España comienza abordando conceptos básicos sobre las biorrefinerías. A continuación, se analizan cualitativa y cuantitativamente las biomásas existentes en España, pues se trata de recursos autóctonos que presentan características diferenciales a las biomásas de otros países europeos. Una vez conocida la diversidad y enorme cantidad de recursos biomásicos con los que cuenta España, se definen los procesos de transformación o valorización que pueden llevarse a cabo sobre los mismos en las biorrefinerías y se exponen los tipos de biorrefinerías que serían susceptibles de ser desarrollados en España. Tras presentar el ámbito técnico del Manual, se procede a abordar los ámbitos medioambientales, socioeconómicos y políticos en los que se enmarcaría la implementación de las biorrefinerías en España. Finalmente se analiza la posición estratégica con la que cuenta España para desarrollar este sector bioindustrial, el valor añadido que se induciría en el país si se apostara por implementar biorrefinerías en España y una serie de recomendaciones finales para crear un entorno favorable propicio a la inversión en el ámbito de las biorrefinerías. El Manual termina con una muestra de las iniciativas que ya se han emprendido en el ámbito de las biorrefinerías en España; pues a pesar de tratarse de un sector que podría considerarse incipiente por su limitada implementación hasta el momento, en los últimos años se han puesto en marcha iniciativas público-privadas consistentes que han ofrecido resultados muy favorables.

<b>1</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>BIORREFINERÍAS. CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>13</b>
3.1	DEFINICIONES	13
3.2	¿QUÉ ES UNA BIORREFINERÍA?	15
3.3	TIPOS DE BIORREFINERÍA	18
<b>4</b>	<b>MATERIAS PRIMAS DE LAS BIORREFINERÍAS: BIOMASAS</b>	<b>23</b>
4.1	TIPOS DE BIOMASA	23
4.2	POTENCIAL DE LAS BIOMASAS EN ESPAÑA	26
4.2.1	Cultivos	26
4.2.2	Residuos agrícolas	30
4.2.3	Aprovechamientos y residuos forestales	30
4.2.4	Biomasas ganaderas	31
4.2.5	Biomasas industriales	32
4.2.6	Biomasas domésticas (procedente de residuos urbanos)	32
4.3	LOGÍSTICA Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS BIOMASAS	33
<b>5</b>	<b>PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>TIPOS DE BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA: PLATAFORMAS Y USOS</b>	<b>43</b>
6.1	BIORREFINERÍA DE ACEITE VEGETAL Y OTROS LÍPIDOS	46
6.2	BIORREFINERÍA DE LIGNOCELULOSA	47
6.3	BIORREFINERÍA DE AZÚCARES	48
6.4	BIORREFINERÍA DE PROTEÍNAS	49
6.5	BIORREFINERÍA DEL BIOGÁS	50
6.6	BIORREFINERÍA DE GAS DE SÍNTESIS	51



<b>7</b>	<b>ENCUADRE POLÍTICO, SOCIOECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL DE LAS BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA</b>	<b>53</b>
7.1	ENCUADRE POLÍTICO	54
7.2	BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS	57
7.3	BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES	59
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>61</b>
8.1	¿POR QUÉ ESPAÑA TIENE UNA POSICIÓN ESTRATÉGICA PARA EL DESARROLLO DE BIORREFINERÍAS?	61
8.2	¿CUÁL ES EL VALOR AÑADIDO INDUCIDO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA?	65
8.3	RECOMENDACIONES FINALES. ¿CÓMO CREAR UN ENTORNO FAVORABLE PARA EL ESTABLECIMIENTO DE BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA?	67
<b>9</b>	<b>INICIATIVAS EN MARCHA EN ESPAÑA</b>	<b>69</b>
<b>10</b>	<b>GLOSARIO</b>	<b>86</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>88</b>





# 1

# RESUMEN EJECUTIVO

Los sectores españoles de la biomasa, la bioenergía y la química han demostrado contar con un interés creciente por el desarrollo de industrias en España en las que se produzcan conjuntamente bioenergía/biocombustibles y otros bioproductos químicos/alimentarios; es decir por el desarrollo de las biorrefinerías. Este interés está motivado por una serie de **factores que dotan a España de una posición estratégica** para el desarrollo de este tipo de instalaciones:

- ▶ Desde el punto de vista de **disponibilidad de recursos biomásicos**: en España existen biomasas de diversa naturaleza y más que suficientes (e históricamente infrautilizadas) como para ser aprovechadas y valorizadas en cantidades industriales. Asimismo, existe gran potencial para el desarrollo y producción de cultivos específicos de biorrefinería en terrenos que actualmente se destinan a barbecho. Su aprovechamiento debe hacerse en base a los criterios de sostenibilidad establecidos para tal fin.
- ▶ Desde el punto de vista de **implicación de sectores clave de la economía**: tanto el sector primario (agrícola, forestal y ganadero) como el sector secundario (industrias agroalimentarias, forestales, químicas, materiales, etc.) buscan aumentar su competitividad y penetrar en nuevos mercados para sus productos. La oportunidad que presentan las biorrefinerías resulta altamente interesante para los agentes privados que operan en dichos sectores.
- ▶ Desde el punto de vista de **capacidades científico-tecnológicas**: en España existen recursos científico-tecnológicos suficientes asociados al ámbito de la biomasa en general, y la química y la bioenergía en particular, cuya excelencia está avalada por publicaciones y proyectos de primer nivel. Además, existe una sólida y reconocida capacidad biotecnológica nacional para desarrollar material vegetal *ad hoc*, biocatalizadores (enzimas y microorganismos) y otros desarrollos específicos para los procesos industriales que lo requieran.
- ▶ Desde el punto de vista de la **creación de empleo y generación de riqueza local**: la elevada tasa de desempleo existente en España debe actuar como impulsor de la creación y mantenimiento de empleos asociados a modelos productivos innovadores, capaces de generar alto valor añadido, utilizando el capital humano y los recursos presentes en el territorio, como son las biomasas.
- ▶ Desde el punto de vista **medioambiental**: el aprovechamiento de las biomasas autóctonas contribuye a convertir residuos potencialmente problemáticos en recursos y a ahorrar sustancialmente en emisiones de gases de efecto invernadero, garantizando un modelo socioeconómico basado en el desarrollo sostenible y contribuyendo activamente a mitigar la gran amenaza de la sociedad actual: el cambio climático.

- ▶ Desde el punto de vista de **reindustrialización del país**: la pérdida de industria es un hecho incontestable que lastra la competitividad de España. Industrias como las biorrefinerías cuya actividad fomenta el desarrollo rural y garantiza la sostenibilidad medioambiental, a través de la creación de oportunidades que implican dinamización socioeconómica y vertebración territorial, resultan estratégicas para relocalizar la industria europea en el marco de la Unión.
- ▶ Desde el punto de vista de **contribución a políticas públicas europeas y nacionales**: la decidida apuesta de la Unión Europea por generar modelos productivos que contribuyan a crear un entorno europeo regido por la bioeconomía y la economía circular, unido a la continuidad que se está proporcionando en España a la mismas por parte tanto del Gobierno Central como por las administraciones autonómicas, constituyen el marco idóneo para desarrollar una hoja de ruta de las biorrefinerías en España que garantice una sólida implementación en España.

Para crear unas condiciones de contorno que favorezcan el desarrollo de biorrefinerías en España, resulta necesario que se tomen en consideración las siguientes **recomendaciones**:

**1) Fomentar la inversión en investigación, innovación y capacitación, con objeto de generar conocimiento sobre el ámbito de las biorrefinerías y transferirlo eficazmente al mercado; pues las mejoras en las curvas de aprendizaje de las tecnologías implicarán avances sustanciales en su competitividad, permitiendo que las biorrefinerías constituyan alternativas económicamente viables a los sistemas de producción tradicionales.**

- Debe garantizarse una financiación sustancial de la I+D+i a escala europea, nacional y autonómica que contemple como prioridad estratégica la implementación de biorrefinerías en el territorio. Asimismo, debe promoverse la inversión empresarial en biorrefinerías.
- Deben desarrollarse modelos público-privados idóneos que permitan financiar proyectos piloto y de demostración de diversas plataformas de biorrefinerías capaces de valorizar las biomásas autóctonas.
- Debe promoverse el conocimiento de las biorrefinerías por parte de las entidades financieras privadas y de capital riesgo, con objeto de ampliar su oferta de productos financieros adaptados a este tipo de instalaciones industriales y de garantizar su complementariedad con instrumentos de financiación públicos.
- Debe priorizarse la necesidad de capacitación de personal, dadas las particularidades de esta disciplina. No sólo desde el punto de vista de la formación de trabajadores en activo, sino en la capacitación de nuevos profesionales (programas académicos universitarios y de formación profesional).

## 2) Contar con apoyo político decidido y compromiso por parte de los agentes interesados.

- Debe instrumentalizarse<sup>1</sup> una Comisión Interministerial sobre la biomasa, conformada por los ministerios con competencias sobre el sector (industria, energía, medio rural, agricultura, residuos, medioambiente, empleo, etc.), en la cual también intervinieran las Comunidades Autónomas con intereses en valorizar las biomásas presentes en su territorio y en generar oportunidades socioeconómicas para sus ciudadanos.
- El trabajo coordinado en el seno de esta Comisión Interministerial sobre la biomasa mejoraría las sinergias y la coherencia entre las políticas y medidas de los distintos ministerios y las autonomías, al mismo tiempo que se contribuiría sustancialmente a crear una sólida política bioeconómica en España, con fuerte vinculación con el territorio, el sector primario y los mercados de alto valor añadido.
- Esta Comisión Interministerial debe diseñar una estrategia para maximizar la movilización de las biomásas nacionales, de manera que puedan ser valorizadas en biorrefinerías localizadas en diversas áreas geográficas. De esta forma, desde un plano local se contribuirá a afrontar los desafíos sociales que amenazan a las sociedades del siglo XXI a nivel global: la seguridad alimentaria, la seguridad energética y el cambio climático.

## 3) Mejorar la competitividad y optimizar los mercados asociados a las biorrefinerías en el marco de la bioeconomía.

- Resulta fundamental garantizar el suministro estable de biomásas a las biorrefinerías, por lo que se debe fomentar el establecimiento de un mercado consolidado de biomásas en España, al igual que los mercados que existen para otras *commodities*.
- En todos los casos debe garantizarse una gestión sostenible de los recursos, haciendo uso de las herramientas existentes (tales como los sistemas de certificación forestales, por ejemplo) y, en el caso de biomásas procedentes de plantaciones, que éstas no compitan con plantaciones puramente alimentarias ni supongan un uso intensivo de *inputs* (agua, fertilizantes, etc.).
- Resulta esencial promover la creación de las redes logísticas y cadenas de suministro que exigen las biorrefinerías, así como unas primeras instalaciones de biorrefinerías piloto y demo integradas y diversificadas en el territorio, capaces de absorber la cantidad de biomasa existente en España.
- Los *outputs* que se generan en las biorrefinerías son bioenergéticos y bioproductos, para los cuales debe garantizarse su demanda en los correspondientes mercados facilitando la elaboración de mecanismos normalizados de evaluación de sostenibilidad, la creación de etiquetas diferenciadoras y la compra pública innovadora.
- Debe promoverse el aumento de la competitividad a largo plazo de los nuevos sistemas productivos de las biorrefinerías en base a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, a minimizar las posibles limitaciones administrativas para la puesta en mercado de nuevos productos y a fomentar su internacionalización.

<sup>1</sup> En la línea de la ya propuesta y jamás ejecutada por la ORDEN PRE/472/2004, de 24 de febrero, por la que se crea la Comisión Interministerial para el aprovechamiento energético de la biomasa. Enlace: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2004-3635](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2004-3635)



# 2

# INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial –que se prevé que aumente más de un 30% en los próximos 40 años, pasando de 7.000 millones en 2012 a más de 9.000 millones en 2050–, el rápido agotamiento de muchos recursos, la dependencia energética exterior unida a la inestabilidad de precios, el aumento de la presión sobre el medio ambiente y el cambio climático son factores que hacen que Europa deba cambiar radicalmente su manera de producir, consumir, transformar, almacenar, reciclar y eliminar los recursos biológicos. Estos recursos resultan cada vez más relevantes para satisfacer tanto la demanda de alimentos sanos y seguros como para favorecer la obtención de productos químicos, energía y otros materiales. Actuaciones, todas ellas, encuadradas en el marco de la bioeconomía<sup>2</sup>.

El establecimiento en Europa de políticas basadas en la bioeconomía ofrece grandes oportunidades: mantener y crear crecimiento económico y puestos de trabajo en las zonas rurales, costeras e industriales; reducir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la sostenibilidad económica, social y medioambiental de la producción primaria y de las industrias de transformación.

La estrategia a medio plazo de la Comisión Europea (CE) pretende satisfacer las necesidades de un amplio espectro de sectores industriales, favorecer sinergias y complementar otras políticas, entre las

que destaca la política energética y de cambio climático (2008); que definió ambiciosos objetivos para el año 2020<sup>3</sup>: del 20% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), del 20% de reducción en el uso energético a través de un incremento de la eficiencia energética y del 20% de utilización de energías renovables. Objetivos que han sido ampliados para 2030<sup>4</sup>: reducción de un 40% de las emisiones de GEI, aumentar un 27% la eficiencia energética y alcanzar un 27% de consumo de renovables.

De forma paralela, en España, el Plan de Energías Renovables 2011-2020 recoge una contribución del 20,8% del total de energías renovables en el consumo energético final para el año 2020. Asimismo, la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece que cada Estado miembro elabore un Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER) para conseguir los objetivos nacionales fijados en la propia Directiva. Para España, estos objetivos se concretan en que las energías renovables representen un 20% del consumo final bruto de energía, con un porcentaje en el transporte del 10% en el año 2020<sup>5</sup>.

En este contexto, la biomasa se posiciona como una fuente renovable de energía, pero también de carbono, capaz de actuar como precursor de numero-

<sup>2</sup> COM(2012) 60 final. La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa. Enlace: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0060:FIN:ES:PDF>

<sup>3</sup> Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Enlace: <https://www.boe.es/doue/2009/140/L00016-00062.pdf>

<sup>4</sup> La CE establece los objetivos de clima y energía para 2030. Por una economía más competitiva, segura y baja en carbono en la UE. Enlace: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-14-54\\_es.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_es.htm)

<sup>5</sup> Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020. MINETAD. Enlace: <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Paginas/paner.aspx>

sos y diversos productos, tanto energéticos como no energéticos. La industria química no es ajena a todo este proceso, de hecho, lleva muchos años implicada en la bioeconomía como demuestra la puesta en el mercado de distintos productos desarrollados por empresas como Ercros, Inkemia o Neol Biosolutions. Estos productos cuentan con aplicaciones muy diversas entre las que se encuentran la industria textil, cosmética, farmacéutica o automovilística, entre otras.

Actualmente, debido a una creciente demanda por parte de los consumidores, están surgiendo nuevas oportunidades, tal y como sucede con el caso de los plásticos, que requieren etanol e isobutanol producido a partir de biomasa para la obtención de materias primas (*commodities*) –como etileno, propileno, isobutileno y p-xileno– para la posterior fabricación de plásticos como el polietileno, polipropileno, poli-isobutileno, polietilentereftalato (PET) y polietileno furanoato (PEF) –empleados para envases–.

**España está en disposición de aprovechar determinadas ventajas**

Las biorrefinerías sustituyen los recursos fósiles empleados en las refinerías petroquímicas por otros renovables (incluidos los residuos orgánicos). En la actualidad ya existen biorrefinerías operativas<sup>6,7</sup>, basadas en materias primas simples, sin embargo, el objetivo final sería desarrollar instalaciones industriales en España que, a partir de diferentes materias primas, generen múltiples productos incluyendo energía y productos químicos basados en biomasa (*building blocks* y sus plataformas químicas). En España existen algunas plantas operativas de biorrefinería, tanto a nivel investigación como a nivel industrial (ver capítulo 9. *INICIATIVAS EN MARCHA EN ESPAÑA*), que reflejan el interés que suscitan las biorrefinerías en el marco de la bioeconomía.

La estrategia global de mercado y desarrollo de biorrefinería incluye tanto la sustitución de productos ya existentes (también conocido como *drop-in*) como la obtención de productos “nuevos” (también

conocida como *ex novo*) con funcionalidades diferentes o mejoradas. A corto plazo el desarrollo se estima que se producirá mayoritariamente en el nicho *drop-in*<sup>8,9</sup>.

Los retos tecnológicos principales a los que se enfrenta el concepto biorrefinería suponen desarrollar la catálisis (química y enzimática), biotecnología, nuevos procesos (incluyendo operaciones de separación y purificación) y la intensificación, así como la optimización y escalado de los mismos. Para conseguir una implantación comercial de las biorrefinerías sería necesario, entre otras cuestiones, disminuir los costes asociados e incrementar la eficiencia de las conversiones a bioenergía y bioproductos, proceso estrechamente vinculado con la investigación y la innovación.

Por otro lado, la modificación de determinadas políticas públicas se considera un impulso esencial para el desarrollo de las biorrefinerías en España, yendo un paso más allá de los incentivos con los que ha venido contando el uso de la biomasa para generación de energía, biocarburantes y biolíquidos. Es decir, se requiere una estrategia pública incentivadora del aprovechamiento integral de la biomasa.

Sin duda, España está en disposición de aprovechar determinadas ventajas competitivas vinculadas al desarrollo de la bioeconomía, debido al conocimiento multidisciplinar existente, a la disponibilidad de suelo agrícola en barbecho o marginal cultivable, a la inmensa cantidad de recursos biomásicos disponible, a su climatología, a la existencia de un sector químico fuerte e innovador y un consolidado sector de la biomasa, entre otras ventajas. Esta posición se considera estratégica, especialmente teniendo en cuenta su actual situación de dependencia energética exterior y como acicate para ofrecer nuevas oportunidades al mundo rural, amenazado por una creciente despoblación debido a la migración a las ciudades, siendo sin embargo el lugar en el que se encuentra mayoritariamente esta fuente de materia prima renovable con capacidad de sustitución de combustibles fósiles y de otros recursos no renovables: **la biomasa**.

<sup>6</sup> IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery. Agencia Internacional de la Energía.  
Enlace: [http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure\\_Totaal\\_definitief\\_HR\\_opt.pdf](http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure_Totaal_definitief_HR_opt.pdf)

<sup>7</sup> Mapa interactivo de biorrefinerías de EE.UU.  
Enlace: <http://energy.gov/eere/bioenergy/maps/map-integrated-biorefineries>

<sup>8</sup> J. Bozell, G.R. Petersen, "Technology developments for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates", *Green Chemistry* 2010 12 539-554.

<sup>9</sup> I.G.W. Huber, S. Iborra, A. Corma, "Synthesis of Transportation Fuels from Biomass: Chemistry, Catalysts, and Engineering", *Chem Rev* 2006 106 4044-4098.



# 3

# BIORREFINERÍAS. CONCEPTOS BÁSICOS



## 3.1 DEFINICIONES

Se presentan a continuación las definiciones de conceptos básicos relacionados con el ámbito de las biorrefinerías.

**BIOCARBURANTE<sup>10</sup>:** un combustible líquido o gaseoso utilizado para el transporte, producido a partir de biomasa.

**BIOCOMBUSTIBLE:** combustible sólido, líquido o gaseoso producido a partir de biomasa.

**BIOECONOMÍA:** abarca la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y los flujos de residuos en otros con mayor valor añadido, como bioenergía y bioproductos. Sus sectores e industrias tienen un fuerte potencial de innovación debido a que utilizan una amplia gama de ciencias y tecnologías industriales y de capacitación, junto con conocimientos locales y tácitos.

**BIOENERGÍA:** energía producida a partir de la conversión de biomasa, donde ésta puede ser utilizada directamente como combustible o ser convertida en líquidos y/o gases. La energía generada a través de la valorización (transformación física, química o biológica) de las biomásas (biocombustibles) puede tener un uso térmico, eléctrico o para el transporte (a partir de biocarburantes).

---

<sup>10</sup> Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

**BIOINDUSTRIA:** industria basada en la biomasa.

**BIOLÍQUIDO<sup>10</sup>:** un combustible líquido destinado a usos energéticos distintos del transporte, incluidas la electricidad y la producción de calor y frío, producido a partir de biomasa.

**BIOMASA<sup>10</sup>:** la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), 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.

**BIOPRODUCTO<sup>11</sup>:** aquellos productos que derivan total o parcialmente de materiales de origen biológico, excluidos los materiales incrustados en formaciones geológicas y/o fosilizados.

**BIORREFINERÍA<sup>12</sup>:** industria integrada que, usando biomasa como materia prima y una variedad de tecnologías diferentes, produce energía y/o biocombustibles, a la par que productos químicos, materiales, alimentos y piensos.

**BUILDING BLOCKS:** unidades estructurales, elementos constitutivos, componentes esenciales de cada proceso a partir de los cuales y mediante rutas químicas o bioquímicas, se producen otros de mayor tamaño o de mayor complejidad.

**COMMODITIES:** bienes básicos (materias primas, productos básicos) destinados a uso comercial. Se utilizan fundamentalmente como *input* en la producción de otros bienes. La calidad de una *commodity* puede variar ligeramente entre productores de distintas partes del mundo, pero ésta es esencialmente uniforme.

**PLATAFORMA:** conjunto de productos intermedios que se producen en los procesos primarios de biorrefinería, que seguirán siendo procesados en la biorrefinería hasta obtener los productos finales (bioenergía y bioproductos).

---

<sup>11</sup> Technology Roadmap. Bioenergy for Heat and Power. Agencia Internacional de la Energía.  
Enlace: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-bioenergy-for-heat-and-power-.html>

<sup>12</sup> Definición propia consensuada por BIOPLAT y SusChem-España.



### 3.2 ¿QUÉ ES UNA BIORREFINERÍA?

El concepto biorrefinería es análogo al concepto convencional de la refinería de petróleo, es decir, una instalación donde, mediante diversos procesos de transformación de la materia prima (biomasa), se genera bioenergía (calor, electricidad, biocombustibles) y un amplio espectro de bioproductos (materiales, productos químicos, alimentos y piensos). Pero para conseguir esta extensa gama de productos se requiere la integración de diferentes procesos y tecnologías en una misma instalación.

Es importante diferenciar entre lo que tradicionalmente se ha conocido como bioindustria de lo que es una biorrefinería. Mientras que en una bioindustria se producen uno o diversos bioproductos, pero no energía (más allá de la autoconsumida en sus propios procesos); en una biorrefinería, además de bioproductos, se producen biocombustibles y/o energía. Además, la biorrefinería debe llevar implícita una clara componente de utilización eficiente de los recursos, asegurando la sostenibilidad del proceso global.



Figura 1. Cadenas de Valor de origen biológico Integradas.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Vision. Bio-based Industries Consortium (BIC). Enlace: <http://biconsortium.eu/about/our-vision>

El concepto de biorrefinería lleva asociado procesos de valorización de biomasa. Estos procesos variarán dependiendo de la biomasa utilizada como materia prima y de los productos deseados, de manera que existirán distintos tipos de biorrefinería atendiendo a estos dos conceptos.

De manera general, se puede decir que el proceso global de una biorrefinería consta esencialmente de las siguientes fases: acondicionamiento y preparación de la biomasa, separación de sus componentes (procesos primarios de biorrefinería) y los subsiguientes pasos de conversión y procesado (procesos secundarios de biorrefinería). Se muestra un esquema general en la Figura 2.

Los **procesos primarios de una biorrefinería** implican la separación de los componentes de la biomasa en productos intermedios (como celulosa, almidón, azúcar, lignina, aceite vegetal, biogás, fracciones proteicas, proteínas individuales, metabolitos vegetales y microbianos). Normalmente incluyen operaciones de acondicionamiento y descomposición de la biomasa y operaciones de pretratamiento. Mientras que la separación de componentes sucede en la propia biorrefinería, los procesos de acondicionamiento y/o pretratamiento se pueden realizar fuera de la misma.

Los productos intermedios que se originan durante los procesos primarios que tienen lugar en una biorrefinería se conocen como **plataformas** de biorrefinería. Estas plataformas sirven como materia prima para los procesos secundarios de la siguiente etapa. Por esta razón, la plataforma adquiere un papel principal en el sistema global del concepto biorrefinería. Así, las plataformas suelen ser el principal elemento con el que se clasifican las biorrefinerías: plataforma de aceites, plataforma de azúcares, etc. Por su parte, los **procesos secundarios de una biorrefinería** son los distintos procesos de conversión y procesado adicionales que crean un gran número de productos a partir de los intermedios obtenidos

en los procesos primarios de una biorrefinería. De este modo, en una primera etapa de conversión los materiales intermedios (plataformas) son procesados total o parcialmente en precursores, así como en otros productos intermedios; y en sucesivas conversiones estos son refinados total o parcialmente a productos. Así, los productos obtenidos en una biorrefinería podrán ser elaborados o semielaborados obteniendo un mayor valor añadido.

Sin embargo, es importante recalcar que no todas las plataformas identificadas representan una posibilidad real para ser utilizadas en un proceso secundario de biorrefinería, por motivos tecnológicos, económicos o vinculados con determinadas condiciones geográficas.

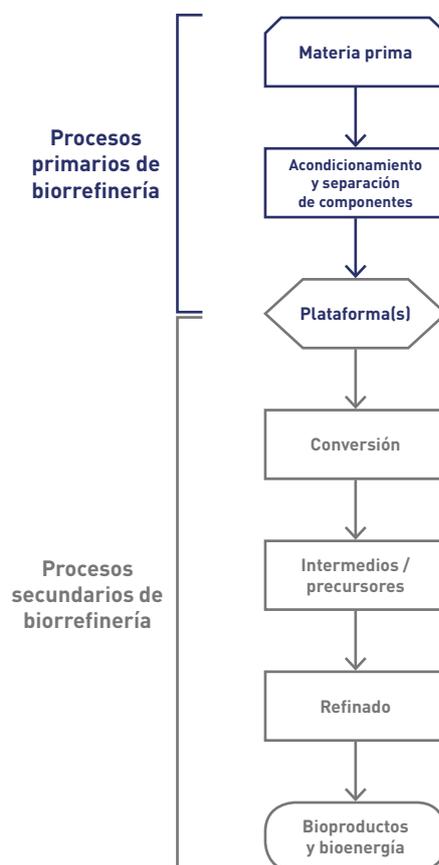


Figura 2. Esquema del proceso global de una biorrefinería.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Elaboración propia BIOPLAT - SusChem-España.

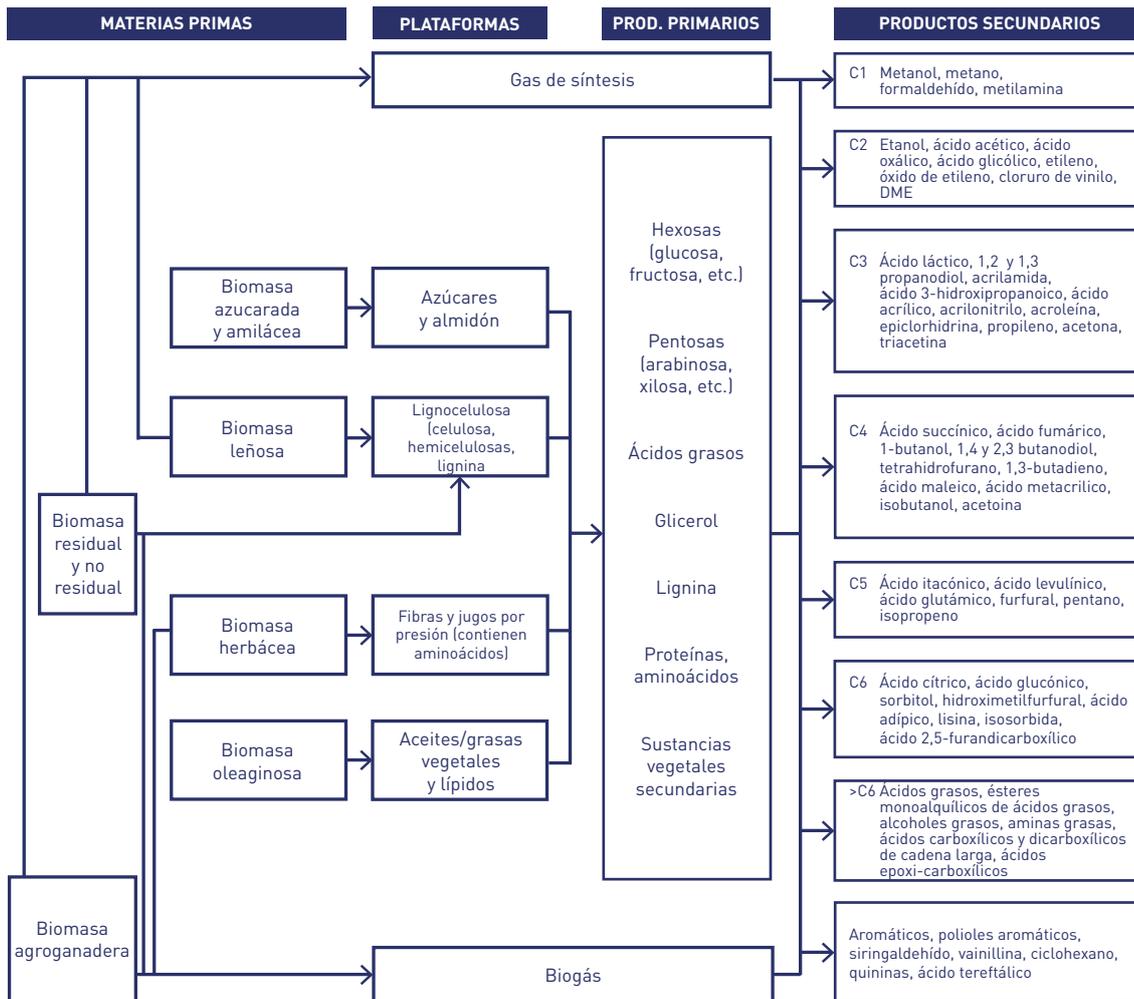


Figura 3. Selección de productos tipo obtenidos en biorrefinerías.<sup>15,16</sup>

<sup>15</sup> Biorefineries Roadmap as part of the German Federal Government action plans for the material and energetic utilisation of renewable raw materials. 2012. Enlace: [https://www.bmbf.de/pub/Roadmap\\_Biorefineries\\_eng.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Roadmap_Biorefineries_eng.pdf)

<sup>16</sup> A partir de C6 los nombres son muy largos, por eso se nombran los tipos de compuestos.



### 3.3 TIPOS DE BIORREFINERÍA

A pesar del paralelismo utilizado para definir el concepto biorrefinería en base a la definición de las refinerías de la industria petroquímica, la gran diversidad de biomasa existente y la multitud de posibilidades de conversión de la misma multiplican los posibles esquemas de operación que pueden desarrollarse en una biorrefinería. Esta extensa variedad dificulta establecer una clasificación única.

Las biorrefinerías se clasifican en base a diversos criterios que pueden encontrarse en la extensa literatura científica existente<sup>17,18,19,20</sup>, tales como: grado de desarrollo tecnológico (biorrefinerías avanzadas vs. convencionales), tipo de biomasa utilizada (biorrefinerías de 1ª, 2ª y 3ª generación), tipo de proceso de conversión que prevalece (biorrefinerías termoquímicas) o complejidad del proceso de englobar el desarrollo de productos a partir de varias plataformas (biorrefinerías con dos plataformas). El grupo de expertos sobre biorrefinerías de la Agencia Internacional de la Energía<sup>21</sup> han optado por clasificarlos únicamente en base a los tres primeros criterios mencionados, es decir, en función del estado tecnológico (implementación), del tipo de materia prima empleada o del principal tipo de proceso de conversión utilizado.

- ▶ Biorrefinerías avanzadas (*advanced biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías convencionales (*conventional biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías de cultivo completo (*whole crop biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías marinas (*marine biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías verdes (*green biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías de 1ª, 2ª y 3ª generación (*1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> generation biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías termoquímicas (*thermochemical biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías de materia prima lignocelulósica (*lignocellulosic feedstock biorefineries*).
- ▶ Biorrefinerías con dos plataformas (*two platform concept biorefineries*).

<sup>17</sup> Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries. Ed de Jong, Gerfried Jungmeier (2015).

Enlace: [http://www.iea-bioenergytask42-biorefineries.com/upload\\_mm/6/e/0/9/bfbb789-46af-4eae-a8bb-b7427fce46e4\\_de%20Jong%202015%20Biorefinery%20Concepts%20in%20Comparison%20to%20Petrochemical%20Refineries%20Book%20Chapter.pdf](http://www.iea-bioenergytask42-biorefineries.com/upload_mm/6/e/0/9/bfbb789-46af-4eae-a8bb-b7427fce46e4_de%20Jong%202015%20Biorefinery%20Concepts%20in%20Comparison%20to%20Petrochemical%20Refineries%20Book%20Chapter.pdf)

<sup>18</sup> S.N. Naik, Vaibhav V. Goud, Prasant K. Rout, Ajay K. Dalai. Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010) 578-597.

<sup>19</sup> Star-COLIBRI project (241535-FP7). Background information and biorefinery status, potential and sustainability (2010).

Enlace: [https://www.researchgate.net/publication/254848033\\_Background\\_information\\_and\\_biorefinery\\_status\\_potential\\_and\\_sustainability\\_Task\\_212\\_Market\\_and\\_Consumers\\_Carbohydrates](https://www.researchgate.net/publication/254848033_Background_information_and_biorefinery_status_potential_and_sustainability_Task_212_Market_and_Consumers_Carbohydrates)

<sup>20</sup> F Cherubini et al. Toward a common classification approach for biorefinery systems. *Biofuels, Bioproducts and Biorefinery* 3: 534-546 (2009).

<sup>21</sup> IEA Bioenergy: T42: 2009:01. Biorefineries: adding value to the sustainable utilisation of biomass. Agencia Internacional de la Energía.

Enlace: <http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Task-42-Booklet.pdf>

Dada la amplia variedad disponible para la identificación de tipos de biorrefinerías, el grupo de expertos sobre biorrefinerías de la Agencia Internacional de la Energía ha desarrollado un sistema de clasificación de biorrefinerías, que se basa en una representación esquemática de las cadenas completas “biomasa hacia el producto final”. Las biorrefinerías, a grandes rasgos, pueden dividirse en dos tipos:

- 1) La biorrefinería dirigida a la obtención de energía (*Energy-driven Biorefinery*). Orientada principalmente hacia la producción de uno o varios tipos de energía (calor y electricidad) y/o de biocombustibles. También se obtienen bioproductos que pueden ser utilizados para la producción de productos químicos, materiales, alimentos y piensos.
- 2) La biorrefinería dirigida a la obtención de productos (*Product-driven Biorefinery*). Orientada principalmente hacia la producción de productos químicos, materiales, alimentos y piensos. A menudo los productos secundarios son utilizados para la producción de vectores energéticos intermedios (electricidad y calor) tanto para usos internos como para distribución en el mercado.

Dada la variedad de los posibles sistemas dentro de estos dos tipos de biorrefinerías, la Agencia Internacional de la Energía propone avanzar en la clasificación de biorrefinerías indicando las plataformas involucradas, los productos, las materias primas y, si es necesario, los procesos.

Así, a continuación se exponen dos ejemplos sobre cómo se utiliza este sistema de clasificación adoptado por la Agencia.

En la Figura 5 se muestra el esquema en el que se ha basado la Agencia Internacional de la Energía para clasificar las biorrefinerías. El mismo contiene plataformas, productos, materias primas y procesos de conversión.

En la Figura 4 se muestra una clasificación de los elementos principales de una biorrefinería: las materias primas, las plataformas, los procesos y los productos.

Biorrefinería con **plataforma de azúcares C6** para la producción de **bioetanol y piensos** a partir de **cultivos de almidón**.

Biorrefinería con **plataforma de gas de síntesis y azúcares C5 y C6** para la producción de **bioetanol y furfural** a partir de **residuos de aserradero**.

■ Plataforma    ■ Productos    ■ Materia prima

**Figura 4.** Ejemplos de la clasificación de biorrefinerías propuesta por la Agencia Internacional de la Energía.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Elaboración propia BIOPLAT - SusChem-España basada en la clasificación de la IEA.

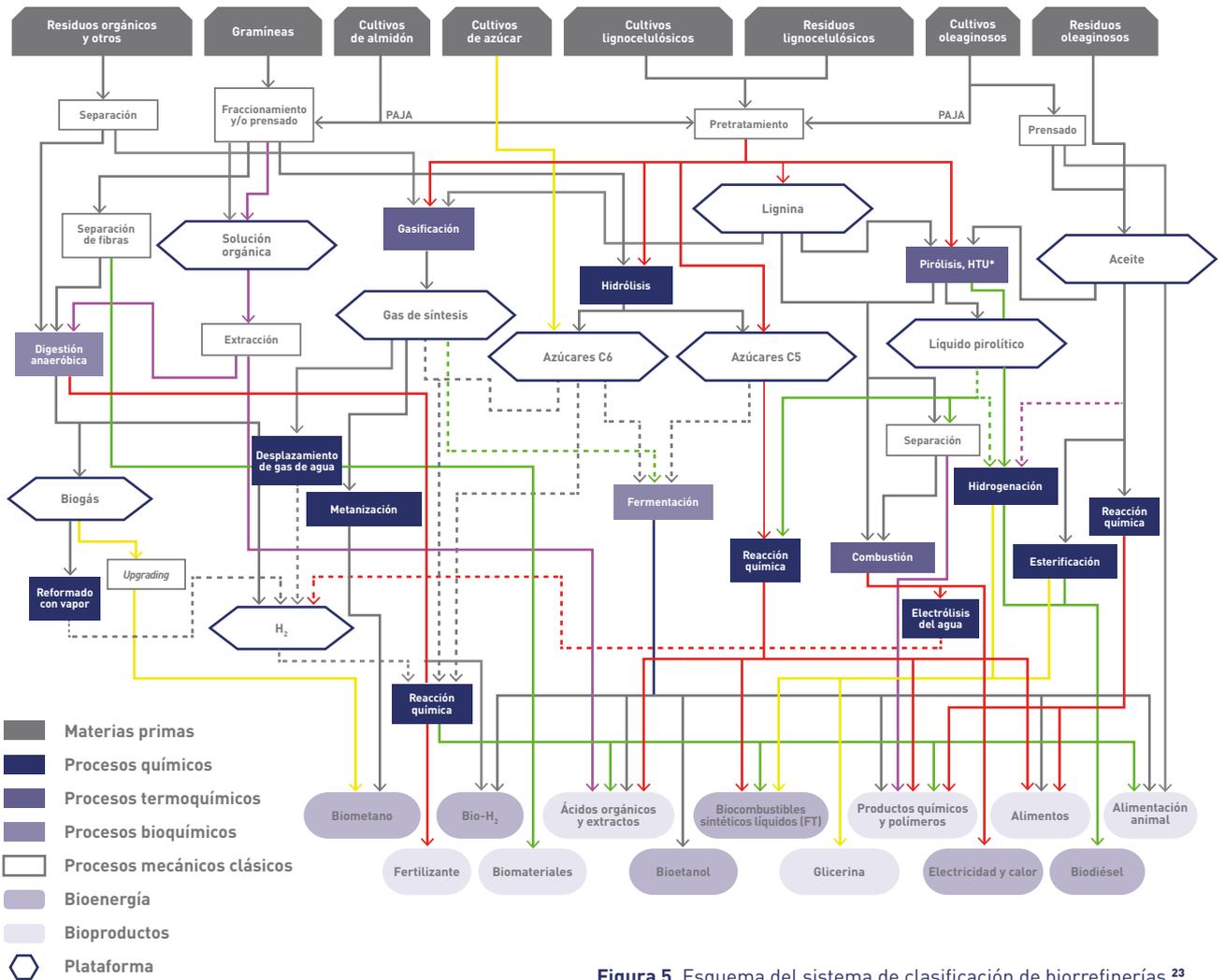


Figura 5. Esquema del sistema de clasificación de biorrefinerías.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> IEA Bioenergy: T42: 2009:01. Biorefineries: adding value to the sustainable utilisation of biomass. Agencia Internacional de la Energía. Enlace: <http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Task-42-Booklet.pdf>

Nota: la figura comprende un esquema exhaustivo de procesos. La totalidad de los mismos no se describe en este Manual.

\* Hydro Thermal Upgrading (HTU)

<b>Materias primas</b>	Cultivos (alcoholígenos, algas, aromáticos, lignocelulósicos, oleaginosos)
	Residuos agrícolas
	Aprovechamientos y residuos forestales
	Biomasa ganaderas
	Biomasa industriales
	Biomasa domésticas (procedentes de residuos urbanos)
<b>Plataformas</b>	Plataforma de aceites vegetales y lípidos
	Plataforma de lignocelulosa
	Plataforma de azúcares
	Plataforma de proteínas
	Plataforma de biogás
	Plataforma de gas de síntesis
<b>Procesos</b>	Físicos, incluidos los procesos mecánicos
	Termoquímicos
	Químicos
	Biotecnológicos
<b>Productos</b>	Bioenergía (biocombustibles, calor, electricidad)
	Bioproductos (productos químicos, materiales, alimentos, piensos)

**Tabla 1.** Clasificación de los elementos principales de una biorrefinería.



# 4

# MATERIAS PRIMAS DE LAS BIORREFINERÍAS: BIOMASAS

- La materia prima de las biorrefinerías es la biomasa. Es decir, su fuente de alimentación, la materia orgánica que va a ser transformada y de la que parten todos los procesos que transcurren en una biorrefinería está contenida en los diferentes tipos existentes de biomasa, los cuales se definen a continuación.



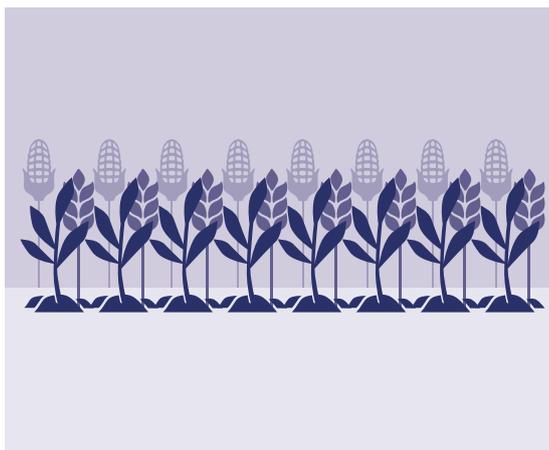
## 4.1 TIPOS DE BIOMASA

Las biomasas pueden clasificarse en función de su procedencia en: agrícolas, forestales, ganaderas, industriales y domésticas (incluido HORECA<sup>24</sup>).

### Biomásas agrícolas

Pueden ser clasificadas en cultivos y residuos de las actividades agrícolas:

- ▶ **Cultivos:** especies herbáceas o leñosas producidas mediante las actividades de cultivo en terreno agrícola, cosecha y, en caso necesario, del procesado de las materias primas recolectadas. También se incluyen en este grupo los cultivos de algas, al producirse en medio acuoso.
- ▶ **Residuos de las actividades agrícolas:** biomasa residual originada durante el cultivo y primera transformación de productos agrícolas.



<sup>24</sup> HORECA: hoteles, restaurantes y catering.



### Biomasa forestales

Pueden ser clasificadas en cultivos, aprovechamientos forestales y residuos de las actividades forestales.

- ▶ **Cultivos:** especies principalmente leñosas producidas mediante las actividades de cultivo en terreno forestal, cosecha y, en caso necesario, del procesado de las materias primas recolectadas. También se consideran los productos forestales no madereros como las plantas aromáticas y medicinales, procedentes de recolección en sus hábitats naturales.
- ▶ **Aprovechamientos forestales:** biomasa originada como producto de las operaciones silvícolas en las masas forestales que precisen de permiso de corta o en su defecto plan de ordenación para su extracción.
- ▶ **Residuos forestales<sup>25</sup>:** biomasa residual generada en la limpieza y en el mantenimiento de las masas forestales y los espacios verdes.



### Biomasa ganaderas

Residuos orgánicos generados en las explotaciones ganaderas. Se trata principalmente de la mezcla de deyecciones y la cama de ganado, denominándose comúnmente según la especie de la que proceden en estiércol, purines y gallinaza.

<sup>25</sup> A pesar de diferenciar en este documento entre cultivos, aprovechamientos y residuos forestales para facilitar la comprensión, en la "Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes" se considera la cadena de valor de la biomasa forestal, no existe la denominación 'biomasa forestal residual'. Sí se encuentra la definición de "Aprovechamientos forestales" como "los maderables y leñosos, incluida la biomasa forestal, los de corcho, los de resina, pastos, caza, frutos, hongos, plantas aromáticas y medicinales, productos apícolas y los demás productos y servicios con valor de mercado característicos de los montes".



### Biomasa industrial

Subproductos y residuos generados en los procesos productivos que tienen lugar en las industrias agrícola, forestal y alimentaria.

- ▶ **Subproductos y residuos procedentes de instalaciones industriales del sector agroalimentario:** producción del aceite de oliva, procesamiento de cítricos, extracción de aceite de semillas, industria vinícola y alcoholera, conservera, cervecera, animal, producción de frutos secos, producción de arroz y procesamiento de algas.
- ▶ **Subproductos y residuos procedentes de instalaciones industriales del sector forestal:** industrias forestales de primera y segunda transformación (cortezas, serrerías, carpinterías, etc.), subproductos de la industria de la celulosa (lejíjas negras), procedentes de la recuperación de materiales lignocelulósicos (palés, materiales de construcción, muebles viejos, etc.).

Estas biomasa ganaderas e industriales pueden tener naturaleza sólida, líquida o semilíquida.



### Biomasa doméstica (procedentes de residuos urbanos)

Fración biodegradable de los residuos urbanos que se generan diariamente en todas las localidades. Además, se incluyen en esta categoría los lodos de depuradora, las aguas residuales y los residuos HORECA (aceites de fritura, etc.).

España es el tercer país europeo en potencial de biomasa. Cuenta con un potencial, tal y como han arrojado los datos del estudio técnico Evaluación del potencial de energía de la biomasa del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)<sup>26</sup>, de más de 88 millones de toneladas anuales, teniendo en consideración sólo la biomasa agrícola y forestal. Como referencia para apreciar la magnitud que suponen estos datos, en España se consumieron 8 millones de toneladas de biomasa con fines energéticos en 2006, lo que significa un orden de magnitud menor.

<sup>26</sup> Evaluación del Potencial de energía de la biomasa. IDAE.  
Enlace: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e14\\_biomasa\\_A\\_8d51bf1c.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf)



## 4.2 POTENCIAL DE LAS BIOMASAS EN ESPAÑA

Como el suministro de biomasa es clave para el desarrollo de las biorrefinerías, se debe analizar el potencial de las diferentes biomásas existentes en España y sus condiciones de contorno, para determinar qué materias primas biomásicas son clave para desarrollar biorrefinerías en el territorio nacional.

### 4.2.1 Cultivos

De acuerdo al estudio técnico Evaluación del potencial de energía de la biomasa, publicado en 2011 por IDAE, el potencial existente para producir cultivos con el que cuenta España es de casi 40 millones de toneladas que podrían producirse cada año. De estos, 17,7 millones corresponderían a biomasa herbácea y 21,6 millones a biomasa leñosa.

Biomasa potencial disponible en España - Cultivos		
Procedencia	Biomasa (t/año)	Biomasa (tep <sup>27</sup> /año)
Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola	17.737.868	3.593.148
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola	6.598.861	1.468.173
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal	15.072.320	1.782.467
<b>Total biomasa potencial en España - Cultivos</b>	<b>39.409.049</b>	<b>6.843.788</b>

**Tabla 2.** Biomasa potencial susceptible de implantación en España.<sup>26</sup>

A grandes rasgos, España dispone de 17,2 millones de hectáreas (Mha) de tierras de cultivo, 10,3 Mha de pastos y 27,7 Mha de superficie forestal<sup>28</sup>.

De la superficie forestal, más de 18,3 Mha son arboladas (de las cuales 0,14 Mha se dedican a choperas) y más de 9 Mha son superficie forestal desarbolada. El 40 % de la superficie forestal (11,2 Mha) se encuentra en Espacios Nacionales Protegidos.

Las tierras de cultivo se dividen en:

- ▶ 8,7 Mha de cultivos herbáceos, entre los que destacan cereales (6,0 Mha), cultivos forrajeros (1,0 Mha), y girasol (0,7 Mha).
- ▶ 4,7 Mha de cultivos leñosos, entre los que destacan el olivar (2,5 Mha), viñedo (1 Mha), almendro (0,5 Mha) y cítricos (0,3 Mha).
- ▶ 3,8 Mha de barbechos.

El 79% de las tierras de cultivo es de secano, mientras que el 21% restante es de regadío. El porcentaje de tierras en regadío es similar en el caso de cultivos herbáceos (28%) y leñosos (26%).

Paralelamente al uso de la biomasa residual de cultivos alimentarios en biorrefinerías, se plantea la estrategia de emplear cultivos específicamente dedicados a biorrefinería. España cuenta con potencial científico suficiente para desarrollar estos cultivos *ad hoc* para dar respuesta a las necesidades de las biorrefinerías.

<sup>27</sup> Tonelada equivalente de petróleo (tep): unidad de energía que equivale a la energía liberada por la combustión de una tonelada de petróleo. Según la Agencia Internacional de la Energía 1 tep equivale a 41.868.000.000 J (11.630 kWh).

<sup>28</sup> Informe 2011 sobre el estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en España. MAPAMA. Enlace: [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/IEPNB\\_2011\\_tcm7-264461.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/IEPNB_2011_tcm7-264461.pdf)

Determinadas investigaciones<sup>29</sup> han puesto de manifiesto la viabilidad desde el punto de vista agronómico de dedicar el 50% de la actual superficie de barbecho, es decir, cerca de 2 Mha, a cultivos energéticos, pudiéndose incluir en este grupo cultivos específicos de biorrefinería. Esta superficie es mayoritariamente de secano y no está en uso, por lo que su puesta en producción no tendría ninguna interacción con la producción de alimentos.

Puesto que en la actualidad no se cultivan en España cultivos específicos de biorrefinería, al menos a escala comercial, su definición futura pasa necesariamente por las siguientes consideraciones:

- 1) El cultivo de nuevas especies de biorrefinería debería limitarse a terrenos donde no compitan con cultivos alimentarios.**
- 2) Estos cultivos deberían desarrollarse principalmente en barbechos actuales de secano, asegurando la sostenibilidad del ciclo del agua, siguiendo las indicaciones que marca la Comisión Europea.**
- 3) La estrategia a seguir debería incluir estudios sobre cultivos, las condiciones locales de las tierras en desuso y las zonas agroclimáticas españolas. En general no son extrapolables las estrategias de cultivo de centro y norte de Europa a España.**
- 4) El éxito de cultivos específicos de biorrefinerías en estas condiciones pasaría necesariamente por el empleo de especies y/o variedades vegetales bien adaptadas al terreno y a las condiciones climatológicas, que no sean invasivas –de manera que se respete la biodiversidad en España– y que produzcan compuestos singulares de alto valor añadido.**

En definitiva, la clave estaría en la especialización de la producción. Para ello, se requeriría una fuerte interacción entre industriales, agrónomos, forestales, mejoradores de plantas y biotecnólogos con objeto de encontrar cultivos con potencial para producir compuestos de alto valor añadido y maximizar la producción de estos compuestos mediante el desarrollo de variedades mejoradas genéticamente, así como mediante técnicas agronómicas optimizadas.

Existen trabajos experimentales que identifican cultivos con alto potencial de desarrollo en las condiciones españolas, aunque sería necesaria investigación adicional en diferentes áreas agroclimáticas.

Los cultivos susceptibles de ser aprovechados para biorrefinerías pueden ser herbáceos o leñosos:

- ▶ Los herbáceos se pueden clasificar, según el producto principal que se obtiene de ellos, en:
  - **Alcoholígenos.** Especies utilizadas para la producción de bioetanol a partir de procesos de fermentación alcohólica de azúcares simples. Comprenden tanto a los azucarados como a los amiláceos e inulínicos.
  - **Lignocelulósicos.** Especies herbáceas con alto contenido en lignocelulosa (celulosa, hemicelulosa y lignina) y de alta producción.
  - **Oleaginosos.** Especies de las que se cosechan fracciones ricas en aceites (semillas o frutos), que se destinan a la producción de biodiésel y otros biocarburantes, así como otros productos (por ejemplo, para la fabricación de biopolímeros o la preparación de compuestos para cosmética).
- ▶ Por su lado, los cultivos leñosos pueden ser lignocelulósicos (la mayoría) o alcoholígenos.

---

<sup>29</sup> Sánchez, J., Esteban, B., Checa, M., Aguado, P.L., Curt, M.D., Fernández, J. 2008. Assessment of the available land for energy crops in Spain by means of GIS at a local scale. 16th European Biomass Conference & Exhibition. Valencia, Spain. p. 314-317. ISBN 88-89407-58-1.

Se citan a continuación algunos de los cultivos sobre los que existe más investigación realizada en España.

## Herbáceos

### ► De regadío:

**Alcoholígenos:** Patata (*Helianthus tuberosus* L.), Remolacha (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) y Sorgo azucarero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.).

**Lignocelulósicos:** Caña común (*Arundo donax* L.), Miscanto (*Miscanthus* spp.), Sorgo papelero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.).

**Oleaginosos:** Tártago (*Euphorbia lathyris* L.).

### ► De secano:

**Alcoholígenos:** Avena (*Avena sativa* L.), Centeno (*Secale cereale* (L.) M.Bieb.), Triticale (× *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus.). Tienen una aplicación limitada en la cadena alimentaria y es posible la producción de bioetanol combinada con la de los coproductos de destilación (*Dried Distillers Grains with Solubles* - DDGS) en biorrefinería. Se trata de cultivos de gran rusticidad, adaptados a todas las regiones españolas, con preferencia a zonas frías en el caso del centeno.

**Lignocelulósicos:** Cardo (*Cynara cardunculus* L.), que también puede clasificarse como cultivo oleaginoso.

**Oleaginosos:** Cardo (*Cynara cardunculus* L.), que también puede clasificarse como lignocelulósico, Carinata (*Brassica carinata* A. Braun), Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) y Girasol (*Helianthus annuus* L.). Se trata de cultivos bien adaptados a zonas semiáridas, particularmente Carinata y Cardo. Tienen bajos requerimientos de insumos, lo que resulta fundamental para la rentabilidad del cultivo. Producen distintos tipos de aceites que, además de ácidos grasos de interés como oleico, linolénico, o erúcico, son ricos en compuestos de interés para biorrefinerías como tocoferoles y fitoesteroles. Las plantas de Carinata y Camelina son ricas en glucosinolatos y, en el caso de Carinata, de antocianinas. La principal limitación de la Carinata es la susceptibilidad a bajas temperaturas (por debajo de -5 °C).

## Leñosos

### ► De regadío:

**Lignocelulósicos:** Chopo (*Populus nigra* L.), Eucalipto (*Eucalyptus* spp.), que también es de secano, y Paulonia (*Paulownia* spp.).

### ► De secano:

**Alcoholígenos:** Chumbera (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.).

**Lignocelulósicos:** Olmo de Siberia (*Ulmus pumila* L.) y Falsa acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) presentan gran rusticidad y adaptación a distintos tipos de terrenos en secano en distintas zonas españolas. Ofrecen la posibilidad de producción combinada de bioenergía y compuestos químicos en biorrefinería. También se ha estudiado la Chumbera (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.), que ha mostrado una óptima adaptación a los terrenos semiáridos.

Por otra parte, existe otro tipo de cultivo que requiere unas condiciones completamente diferentes, dado que su medio óptimo de cultivo es acuoso: el cultivo de algas. A pesar de esta diferencia en el medio de cultivo, los cultivos de algas deberían considerarse como otro tipo de cultivo agroalimentario cualquiera, pues los parámetros que lo definen son perfectamente asimilables a los cultivos agroalimentarios que se consideran convencionales.

Tipo de cultivo		Cultivo	Herbáceo anual (A), herbáceo plurianual (P) o leñoso (L)	Regadío (R), secano (S) o acuático (Q)
Alcoholígenos	Herbáceos	Avena ( <i>Avena sativa</i> L.)	A	S
		Centeno ( <i>Secale cereale</i> [L.] M. Bieb.)	A	S
		<i>Euphorbia lathyris</i> L. <sup>31</sup>	A	R
		Pataca ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.)	P	R
		Remolacha ( <i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i> )	A	R
		Sorgo azucarero ( <i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench.)	A	R
	Triticale (× <i>Triticosecale</i> Wittm. ex A. Camus.)	A	S	
	Leñosos	Chumbera ( <i>Opuntia ficus-indica</i> [L] Mill.)	P	S
Oleaginosos	Herbáceos	Camelina ( <i>Camelina sativa</i> [L.] Crantz)	A	S
		Cardo ( <i>Cynara cardunculus</i> L.)	P	S
		Carinata ( <i>Brassica carinata</i> A. Braun)	A	S
		<i>Euphorbia lathyris</i> L. <sup>31</sup>	A	R
		Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> L.)	A	R/S
Lignocelulósicos	Herbáceos	Caña común ( <i>Arundo donax</i> L.)	P	R
		Cardo ( <i>Cynara cardunculus</i> L.)	P	S
		Miscanto ( <i>Miscanthus</i> spp.)	P	R
		Sorgo papelero ( <i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench.)	A	R
	Leñosos	Chopo ( <i>Populus</i> spp.)	L	R
		Chumbera <sup>32</sup> ( <i>Opuntia ficus-indica</i> [L] Mill.)	P	S
		Eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> spp.)	L	R/S
		Falsa acacia ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	L	S
		Olmo de Siberia ( <i>Ulmus pumila</i> L.)	L	S
Multipropósito (I+D)	Algas	Macroalgas	-	Q
		Microalgas	-	Q

**Tabla 3.** Relación de cultivos específicos en España de potencial interés para su uso en biorrefinerías.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Elaboración Propia. BIOPLAT-SusChem-España.

<sup>31</sup> *Euphorbia Lathyris* L. es un cultivo herbáceo y anual. Del mismo, de su biomasa (80 t/ha (aprox. 30 t de biomasa seca) se obtiene un 6% (p/p) de hidrocarburos de 30 átomos de carbono (biocrudo, asimilable al petróleo), un 27% (p/p) de azúcares solubles (Glucosa/Fructosa/Sacarosa), que son fermentables a bioetanol de primera generación y un 64% (p/p) de residuo lignocelulósico, poco lignificado, que es utilizable para obtener bioetanol de segunda generación. Asimismo, el cultivo también puede considerarse oleaginoso con rendimientos de 7t de semilla (45% de aceite enriquecido en ácido oleico [C18:1] y ácido palmítico [C16:0] para producir biodiésel. Es decir, se trata de un cultivo alcoholígeno, oleaginoso y lignocelulósico. Es un cultivo de ciclo anual y de requerimientos hídricos muy interesantes (400 mmHg), analizado en España por Xylina S.L.

<sup>32</sup> La Chumbera puede considerarse alcoholígeno y oleaginoso. Se trata de una planta perenne, con ciclos anuales de desarrollo, que con el transcurso de los años lignifica en su base; tiene porte arbustivo, con estructura ramificada, sin embargo su morfología no es arbórea.

#### 4.2.2 Residuos agrícolas

En España existen 30,5 millones de toneladas de restos agrícolas leñosos y herbáceos que se producen cada año, que se generan en los campos y cuyo aprovechamiento está actualmente infravalorado.

<b>Biomasa potencial disponible en España - Cultivos</b>			
<b>Procedencia</b>		<b>Biomasa (t/año)</b>	<b>Biomasa (tep/año)</b>
<b>Restos agrícolas</b>	<b>Herbáceos</b>	14.434.566	6.392.631
	<b>Leñosos</b>	16.118.220	
<b>Total biomasa potencial en España - Residuos agrícolas</b>		<b>30.552.786</b>	<b>6.392.631</b>

**Tabla 4.** Biomasa potencial disponible en España procedente de restos agrícolas.<sup>33</sup>

#### 4.2.3 Aprovechamientos y residuos forestales

Únicamente teniendo en cuenta las masas forestales existentes, se producen en España casi 19 millones de toneladas anuales de biomasa apta para ser valorizada.

<b>Biomasa potencial disponible en España - Aprovechamiento y residuos forestales</b>			
<b>Procedencia</b>		<b>Biomasa (t/año)</b>	<b>Biomasa (tep/año)</b>
<b>Masas forestales existentes</b>	<b>Aprovechamiento del árbol completo</b>	15.731.116	3.414.158
	<b>Restos de aprovechamientos madereros</b>	2.984.243	636.273
<b>Total biomasa potencial en España - Aprovechamiento y residuos forestales</b>		<b>18.715.359</b>	<b>4.050.431</b>

**Tabla 5.** Biomasa potencial disponible en España procedente de masas forestales.<sup>33</sup>

De acuerdo al Avance del Anuario de Estadística Forestal de 2012<sup>34</sup>, elaborado a partir de los datos proporcionados por las comunidades autónomas, un 14,15% de la superficie total forestal son montes ordenados (3.924.603 ha de un total de 27.738.037 ha forestales), entendiéndose por monte ordenado aquel que dispone de un instrumento de gestión forestal vigente: un Proyecto de ordenación de montes (que sintetiza la organización de la utilización sostenible de los recursos forestales, maderables y no maderables) o un Plan dasocrático (proyecto de ordenación de montes que, por su singularidad, precisan una regulación más sencilla de la gestión de sus recursos).

**El grupo de expertos españoles que desarrolla su actividad en biorrefinerías, representado por BIOPLAT y SusChem-España, recomienda que los cultivos específicos para biorrefinería que se desarrollen en España no sean cultivos alimentarios, ni invasores y que sus necesidades hídricas sean limitadas.**

<sup>33</sup> Evaluación del Potencial de energía de la biomasa. IDAE.  
Enlace: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e14\\_biomasa\\_A\\_8d51bf1c.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf)

<sup>34</sup> Avance Anuario de Estadística Forestal 2012. MAPAMA.  
Enlace: [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/AVANCE\\_2012\\_VERSIONWEB\\_tcm7-215492.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/AVANCE_2012_VERSIONWEB_tcm7-215492.pdf)

#### 4.2.4 Biomásas ganaderas

En España se producen al año más de 72 millones de toneladas de residuos ganaderos<sup>35</sup>: 46 millones de toneladas de purines y 28 millones de toneladas de estiércoles y gallinaza. España cuenta con una de las cabañas porcinas más importantes de Europa, ya que posee el 20% de la cabaña de la Unión Europea con más de 25 millones de cabezas.

El potencial del biogás en España se muestra en la siguiente tabla. La importancia de la aportación ganadera es indiscutible, pues supone un 79% de biogás agroindustrial y un 67% del total de biogás potencialmente disponible en España.

Biomásas ganaderas	
Procedencia	Potencial disponible (tep/año)
Biogás de la fracción orgánica de residuo sólido urbano (FORSU)	124.500
Biogás de vertedero (VER)	145.600
Biogás de estaciones depuradoras urbanas de aguas residuales (EDAR)	No disponible
<b>Subtotal biogás FORSU+VER+EDAR</b>	<b>270.100</b>
Ganadería	1.130.300
Industrias alimentarias (origen animal)	81.400
Industrias alimentarias (origen vegetal)	117.100
Industrias alimentarias (lodos EDAR)	12.700
Distribución alimentaria (DAL)	27.000
Hoteles, restaurantes y catering (HORECA)	37.900
Plantas de biocombustibles	18.700
<b>Subtotal biogás agroindustrial</b>	<b>1.425.100</b>
<b>Total biogás</b>	<b>1.695.200</b>

**Tabla 6.** Potencial disponible de biogás en España.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> El sector del biogás agroindustrial en España. MAPAMA. Enlace: [http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/docbiogasversion21-09-2010\\_tcm7-5925.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/docbiogasversion21-09-2010_tcm7-5925.pdf)

<sup>36</sup> Situación y potencial de generación de biogás. IDAE. Enlace: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e16\\_biogas\\_db43a675.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e16_biogas_db43a675.pdf)

#### 4.2.5 Biomásas industriales

Dentro de los residuos industriales, se consideran biomásicos aquellos cuyo origen es del sector o área de actividad que se cita a continuación.

- ▶ Industria agroalimentaria.
- ▶ Fabricación de pasta, papel y cartón.
- ▶ Industrial forestal.
- ▶ Lodos de estación de depuración de aguas residuales (EDAR).

Destacan los residuos procedentes de la actividad agroalimentaria, con más de 83 millones de toneladas de residuos agroalimentarios generadas cada año en España<sup>37</sup>, así como los de la industria papelera, que en 2014 ascendían a 1,5 millones de toneladas<sup>38</sup>.

#### 4.2.6 Biomásas domésticas (procedente de residuos urbanos)

Los residuos urbanos o municipales son aquellos que se generan en los domicilios particulares debido a la actividad doméstica, y los producidos en comercios, oficinas y servicios. Se incluyen también los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas. En España, cada ciudadano genera en promedio 1,23 kg/día de basura aproximadamente, lo que se traduce en una generación en términos absolutos del orden de 21 millones de toneladas anuales (en 2013, en España cada ciudadano generó de media 449 kg al año de residuos)<sup>39</sup>.

El 44% de los residuos sólidos urbanos es materia orgánica, la cual incluye tanto la fracción orgánica de la recogida selectiva, como la fracción vegetal (restos de poda y jardinería, etc.). Esta materia orgánica está definida como biomasa, según la Directiva 2009/28/CE (fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales). El 56% restante de estos residuos se divide en papel y cartón, vidrio, envases y otros.

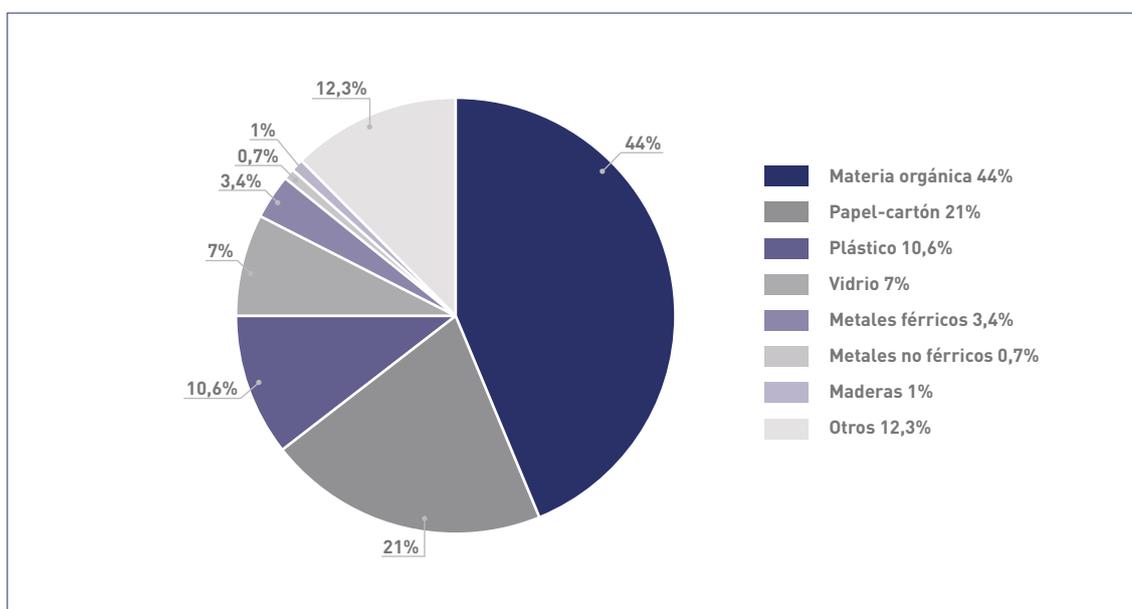


Figura 6. Composición media de los residuos sólidos urbanos (RSU) en España.<sup>40</sup>

<sup>37</sup> PSE Probiogás. Enlace: <http://www.probiogas.es>

<sup>38</sup> Datos de la encuesta anual de ASPAPEL en 2014. Fuente: ASPAPEL.

<sup>39</sup> Eurostat. Enlace: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)

<sup>40</sup> Situación y potencial de valorización energética directa de residuos. IDAE. Enlace: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e15\\_residuos\\_c3ead071.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e15_residuos_c3ead071.pdf)



## 4.3 LOGÍSTICA Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS BIOMASAS

La biomasa es la única fuente de energía renovable que se considera consumible, al contrario que el resto de recursos renovables que se consideran no consumibles (sol, viento, agua, etc.). Es por ello que la materia prima biomásica no llega espontáneamente a las instalaciones donde se valorizan, sino que los recursos biomásicos deben ser extraídos, tratados y transportados hasta la instalación en la que serán procesados y valorizados.

En las biorrefinerías, resulta altamente recomendable contar con experiencia suficiente en la gestión de los distintos recursos biomásicos que las alimenten en cada caso, con objeto de conseguir optimizar al máximo la logística de los mismos, de manera que tanto la fase preliminar de extracción, transporte y pretratamiento como la de valorización estén perfectamente imbricadas, lo cual contribuirá al éxito de la gestión completa de la instalación.

El aprovisionamiento es una característica intrínseca a la utilización de las biomásas que, si en algún momento se ha percibido como negativa al suponer que el acceso al recurso biomásico no sea inmediato, cada día se percibe mucho más como una valiosa cualidad. Esto se debe a que en todo este proceso de pretratamiento, transporte, distribución y almacenamiento de biomásas interviene una gran cantidad de mano de obra, lo cual convierte la valorización de las biomásas en la fuente energética más intensiva en generación de empleo, con 14 empleos por MW instalado de media en España<sup>41</sup>. Además esta mano de obra se genera donde se encuentra el recurso biomásico, generalmente en el medio rural, por lo que el aprovechamiento de las biomásas puede considerarse una efectiva herramienta para contribuir a la fijación de la población en áreas rurales y la dinamización de la economía de las comarcas en las que existen instalaciones de biomásas, que son dos de los objetivos que tratan de aliviar las políticas de desarrollo rural tanto europeas como nacionales y autonómicas.

La producción y obtención de biomásas son actividades que se deben mecanizar todo lo posible con el objetivo de reducir costes y optimizar la productividad, además de limitar los arduos trabajos manuales. Para la siembra, plantación y recolección existe maquinaria en el mercado. No obstante, generalmente ha sido diseñada con un objeto distinto a la obtención de biomasa para fines energéticos u

otros propios de las biorrefinerías, aunque cada vez existen más máquinas diseñadas para ser utilizadas también con estos fines.

En el caso de cultivos herbáceos, algunas máquinas existentes se pueden adaptar a fin de aumentar la parte vegetativa que se cosecha o se recoge en el campo. El aspecto más importante en la disminución de costes es la reducción de pérdidas de la parte vegetativa que se producen en los procesos de siega, hilerado y empacado.

Para materiales leñosos, y más concretamente la compactación y astillado en campo, en España se han desarrollado máquinas especialmente diseñadas para tales funciones. La maquinaria que permite recoger y densificar este tipo de biomásas antes de su transporte al lugar de utilización o segunda transformación reduce en gran medida los costes de manejo y transporte, además de mejorar posteriores rendimientos industriales y económicos.

Las biomásas, tanto agrícolas como forestales, presentan las siguientes características intrínsecas y extrínsecas:

- ▶ Piezas de gran tamaño (granulometría).
- ▶ Heterogeneidad y poca uniformidad.
- ▶ Contenido en humedad.
- ▶ Reducida densidad.
- ▶ Dispersión.
- ▶ Dificultad de transporte y manipulación.
- ▶ Presencia de materiales inertes no aprovechables como arena, piedras, metales, etc.

Para conseguir un aprovechamiento eficiente es necesario realizar una serie de pretratamientos o transformaciones que permitan el acondicionamiento de las biomásas y mejoren su valorización en los procesos de biorrefinería. Generalmente estos pretratamientos se llevan a cabo antes del transporte de las biomásas a la biorrefinería, con el fin de reducir los costes asociados a dicho transporte.

Las etapas fundamentales en el pretratamiento son:

- ▶ Reducción de la granulometría.
- ▶ Reducción de la humedad.
- ▶ Densificación o compactación de las biomásas.
- ▶ Eliminación de componentes no deseados.

<sup>41</sup> Balance económico de la actualización de las retribuciones a la producción eléctrica a partir de las biomásas. APPA. Enlace: [http://www.appa.es/descargas/ESTUDIO\\_AFI-APPA.PDF](http://www.appa.es/descargas/ESTUDIO_AFI-APPA.PDF)





# 5

# PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA

Debido a la gran variedad de biomasa existente y de productos posibles, en una biorrefinería se necesita aplicar un gran número de tecnologías y procesos tanto en la etapa de biorrefinería primaria como en la secundaria.

Los procesos se pueden dividir en cuatro grandes grupos:

- 1) **Procesos físicos.** Operaciones básicas que cambian las propiedades del material aplicando energía mecánica, procesos de limpieza y separación, procesos de densificación, procesos de molienda y procesos de extracción (incluida la extracción directa de macromoléculas para su uso biotecnológico).
- 2) **Procesos termoquímicos.** Operaciones de transformación mediante cambios de temperatura que en ocasiones implican transformaciones químicas en la materia prima.
- 3) **Procesos químicos.** Operaciones básicas para la transformación del material mediante reacciones químicas y conversiones catalizadas químicamente.
- 4) **Procesos biotecnológicos.** Conversiones catalizadas enzimáticamente, procesos de fermentación y descomposición gobernada por microorganismos.

Se muestra a continuación una tabla resumen de los procesos más comunes utilizados en biorrefinería y tras ella, una breve descripción de los mismos.

<b>Tipo de proceso</b>	<b>Físico</b>	Adsorción, Centrifugación, Cristalización, Densificado, Destilación, Extracción, Filtración, Fraccionamiento, Humectación, Molienda, Prensado, Refrigerado/calentado, Rotura celular, Secado/deshidratación, Tamizado, Tratamiento con ultrasonidos
	<b>Químico</b>	Craqueo, deslignificación, electrólisis, epoxidación, esterificación, eterificación, explosión con amoníaco (AFEX), explosión con CO <sub>2</sub> , explosión con vapor, hidrogenación, hidrólisis, hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina, isomerización, oxidación-reducción, polimerización, pretratamiento químico, procesos hidrotérmicos, purificación, reacciones en disolventes eutécticos, reacciones en líquidos iónicos, reacciones de condensación, refinado, solvólisis (organosolv), síntesis Fischer-Tropsch, transesterificación
	<b>Termoquímico</b>	Combustión, gasificación, licuefacción, pirólisis, reformado con vapor, torrefacción
	<b>Biotecnológico</b>	Deslignificación biológica, digestión anaerobia, esterificación enzimática, fermentación, hidrólisis enzimática

**Tabla 7.** Procesos físicos, termoquímicos, químicos y biotecnológicos que pueden ocurrir en una biorrefinería.

**El nivel de madurez tecnológica (TRL, *Technology Readiness Level*) de cada proceso depende de la materia prima a transformar y del bioproducto a obtener. Así, un proceso puede estar muy estudiado en un sector industrial, pero puede no tener el mismo rendimiento cuando se desea obtener a partir de la conversión de biomasa. Es por ello que la investigación y la innovación se consideran clave para el desarrollo de las biorrefinerías, al tener que abordar una amplia variedad de tipos de biomasa.**

Existen estudios<sup>42</sup> desarrollados por la Agencia Internacional de la Energía en los que se pueden consultar los TRL de algunos de los procesos involucrados en una biorrefinería, que indican el grado de complejidad de este tipo de instalaciones.

## Definiciones breves de los procesos<sup>43,44</sup>

### Tratamientos físicos

- ▶ **Adsorción:** operación básica mediante la cual las moléculas de un gas o un líquido (adsorbatos) se adhieren a la superficie de otras sustancias (adsorbentes). Los sistemas más conocidos son gas/sólido o líquido/sólido. Los materiales divididos o microporosos con una gran área de superficie son fuertes adsorbentes y se utilizan para eliminar colores, olores y vapor de agua.
- ▶ **Centrifugación:** operación básica que permite, por la acción de la fuerza centrífuga, separar sólidos de líquidos; o dos líquidos inmiscibles; o dos líquidos inmiscibles y un sólido (Ejemplo en la producción de biodiésel).
- ▶ **Cristalización:** fenómeno de formación de un cristal en el seno de una disolución por nucleación o aumento.
- ▶ **Densificado:** compactación de la biomasa, aumento de su densidad de cara a su transporte y procesado.
- ▶ **Destilación:** proceso de separación en el cual el (los) líquido(s) más volátil(es) se convierte(n) en vapor y el vapor se condensa más tarde a líquido. La finalidad más corriente es la purificación de un líquido o separación de los componentes y/o fracciones de una mezcla mediante destilación fraccionada.
- ▶ **Extracción:** operación de separación en la que una sustancia objetivo contenida en una matriz multicomponente se transfiere a una fase disolvente con la que se pone en contacto y en la que presenta una solubilidad mayor que otras sustancias contenidas en dicha matriz. Se pueden distinguir procesos de extracción líquido-líquido, cuando la matriz multicomponente es una disolución; sólido-líquido, cuando la matriz es un sólido y la fase disolvente un líquido; extracción supercrítica, cuando la fase disolvente es un fluido supercrítico, etc.
- ▶ **Filtración:** proceso de separación de partículas sólidas suspendidas en un fluido forzando su paso a través de una barrera porosa que las retiene.
- ▶ **Fraccionamiento:** proceso consistente en la separación de un número determinado de fracciones a partir de una mezcla en base a una propiedad específica de sus componentes.
- ▶ **Humectación:** aumento de la humedad de la biomasa.
- ▶ **Molienda:** reducción del tamaño de partícula a polvo. Otros procesos similares en los que varía el tamaño final de partícula son la trituración, el astillado y el picado.

---

<sup>42</sup> The Biorefinery Complexity Index. Gerfried Jungmeier.

Enlace: [http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload\\_mm/6/2/f/ac61fa53-a1c0-4cbc-96f6-c9d19d668a14\\_BCI%20working%20document%2020140709.pdf](http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/6/2/f/ac61fa53-a1c0-4cbc-96f6-c9d19d668a14_BCI%20working%20document%2020140709.pdf)

<sup>43</sup> Real Academia Española. Enlace: <http://www.rae.es>

<sup>44</sup> Diccionario de Química y de Productos Químicos. Hawley.

- ▶ **Prensado:** aplicación de una fuerza de compresión sobre una masa plástica estática.
- ▶ **Refrigerado/calentado:** descenso/aumento de la temperatura de la biomasa.
- ▶ **Rotura celular:** lisis de la pared celular, de la membrana plasmática o de ambas (mediante métodos físicos, químicos o biológicos).
- ▶ **Secado/deshidratación:** descenso de la humedad de la biomasa.
- ▶ **Tamizado:** separación de sólidos por tamaño haciéndolos pasar por un tamiz que retiene las partículas de mayor tamaño.
- ▶ **Tratamiento con ultrasonidos (intensificación con ultrasonidos):** estrategia para la mejora de fenómenos de transferencia de materia basada en la aplicación de ultrasonidos de forma simultánea a otros procesos, especialmente procesos de extracción. Las mejoras se corresponden generalmente con rendimientos más elevados, cinéticas más favorables y/o tiempos de proceso más cortos.

### Tratamientos químicos

- ▶ **Craqueo:** proceso de refinado que implica romper, por elevación de temperatura, las moléculas con el fin de aumentar la proporción de los más útiles como combustibles, monómeros, etc. A veces, además de elevar la temperatura, se emplean catalizadores.
- ▶ **Deslignificación:** proceso por el cual la lignina se fragmenta, y/o solubiliza, y se disuelve en el medio deslignificante.
- ▶ **Electrólisis:** descomposición de agua y otros compuestos inorgánicos en solución acuosa por medio de una corriente eléctrica; el grado de descomposición es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por la solución.
- ▶ **Epoxidación:** reacción de producción de un compuesto epóxido.
- ▶ **Esterificación:** reacción química, normalmente catalizada, de formación de un éster mediante la unión de un ácido y un alcohol.
- ▶ **Eterificación:** proceso de transformación de un alcohol en un éter.
- ▶ **Explosión con amoníaco (AFEX):** tratamiento de la biomasa con amoníaco líquido a temperaturas entre 50 y 90 °C y elevada presión, seguido de una decompresión brusca con el objeto de extraer componentes de la biomasa y desestructurarla de cara a mejorar la eficacia de tratamientos posteriores con microorganismos o enzimas.
- ▶ **Explosión con CO<sub>2</sub> (CDE):** se utiliza una corriente a alta presión de CO<sub>2</sub> inyectada por lotes y luego es liberado por una decompresión explosiva. El CO<sub>2</sub> se disuelve en agua para dar ácido carbónico mejorando la velocidad de hidrólisis de la hemicelulosa. También existe la posibilidad de emplear CO<sub>2</sub> supercrítico (SC-CO<sub>2</sub>) a elevadas presiones para aumentar la digestión de la biomasa lignocelulósica<sup>45</sup>.

---

<sup>45</sup> Valery B. Abor, Nazim Cicek, Richard Sparling, Alex Bertin, David B. Levin (2011): Biomass pretreatment: Fundamentals toward application. *Biotechnology Advances* 29 (2011) 675-685.

- ▶ **Explosión con vapor (EV):** se inyecta vapor saturado a alta presión (0,7 a 5 MPa), aumentando la temperatura (160-260 °C). Tras unos minutos o segundos se reduce la presión repentinamente y la biomasa sufre una desestructuración acompañada por la degradación de la hemicelulosa y una parte importante de la lignina. Como resultado, el material aumenta su accesibilidad y reactividad en tratamientos posteriores.
- ▶ **Hidrogenación:** cualquier reacción del hidrógeno con un compuesto orgánico, incluida la hidrogenólisis que implica la ruptura de enlaces mediante hidrógeno.
- ▶ **Hidrólisis:** tratamiento con exceso de agua en presencia usualmente de un catalizador mediante el cual se pueden hidrolizar polisacáridos presentes en la biomasa liberando azúcares de 5 y 6 átomos de carbono, junto con sus isómeros y oligómeros (catálisis ácida y enzimática), ésteres de distintos tipos como los presentes en acilglicéridos y pectinas liberando grupos carboxílicos (catálisis ácida, básica y enzimática) y amidas como las presentes en proteínas y péptidos para dar lugar a aminoácidos y oligopéptidos (catálisis ácida y enzimática fundamentalmente, ya que la catálisis básica produce la racemización de los aminoácidos).
- ▶ **Hidrólisis ácida:** tratamiento de hidrólisis en presencia de ácidos, que pueden ser tanto orgánicos (málico o fumárico) como inorgánicos ( $H_2SO_4$ , HCl,  $HNO_3$  y ácidos sólidos tipo zeolitas, etc.). La presencia de ácido permite acelerar el proceso.
- ▶ **Hidrólisis alcalina:** tratamiento de hidrólisis en presencia de bases tales como amoníaco ( $NH_3$ ), hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de calcio ( $Ca(OH)_2$ ). El principal efecto de la base es la eliminación de la lignina de la biomasa, mejorando la reactividad de los polisacáridos restantes. Además, permite la recuperación de ácidos grasos a partir de aceites y grasas.
- ▶ **Isomerización:** proceso químico mediante el cual una molécula es transformada en otra que posee el mismo número y tipo de átomos, y por tanto tienen el mismo peso molecular, pero difieren en su estructura o configuración. Un ejemplo típico es la isomerización de glucosa a fructosa.
- ▶ **Oxidación-reducción:** acción y efecto de oxidar o reducir al tratar la biomasa con un agente oxidante o reductor. Por ejemplo, en los hidratos de carbono permite obtener los correspondientes ácidos aldáricos por oxidación y los alditoles por reducción.
- ▶ **Polimerización:** reacción química, generalmente llevada a cabo con catalizador, calor o luz y frecuentemente bajo presión, en la cual un gran número de moléculas relativamente sencillas se combinan formando una macromolécula en forma de cadena.
- ▶ **Pretratamiento químico:** proceso mediante el cual la lignocelulosa es tratada en medio ácido para romper las paredes celulares y proceder a una despolimerización parcial de la misma para su mejor aprovechamiento posterior.
- ▶ **Procesos hidrotérmicos:** tratamiento de la biomasa con agua a elevadas temperaturas.
- ▶ **Purificación:** eliminación de materias extrañas (impurezas) de una sustancia o mezcla por una o más técnicas de separación. Las más habituales son: destilación, filtración, decantación, evaporación, extracción, sublimación, cristalización y cromatografía.

- ▶ **Reacciones de condensación:** reacciones en las que dos moléculas se combinan para dar lugar a un único producto con liberación de una molécula de agua. Permite la formación de moléculas orgánicas de mayor tamaño mediante la formación de nuevos enlaces carbono-carbono o carbono-heteroátomo.
- ▶ **Reacciones en disolventes eutécticos:** los disolventes eutécticos son disolventes alternativos a los líquidos iónicos, frecuentemente de procedencia renovable y medioambientalmente benignos. Están formados por mezclas de dos o tres compuestos. Estas mezclas poseen un punto de fusión menor que el de cada uno de sus componentes (habitualmente menor de 100 °C) y muy a menudo son líquidas a temperatura ambiente. Exhiben propiedades similares a las de los líquidos iónicos, por lo que han sido utilizados con éxito en reacciones de síntesis, en catálisis, en procesos de disolución (por ejemplo, en el campo de las ligninas) y en procesos de extracción.
- ▶ **Reacciones en líquidos iónicos:** los líquidos iónicos generalmente están compuestos por un anión inorgánico y un catión orgánico de estructura molecular muy heterogénea (generalmente sales de imidazolio). Estas sales tienen bajos puntos de ebullición, elevada polaridad, alta estabilidad térmica y presión de vapor despreciable. Su uso daría lugar a la separación de la lignina y al aumento de la accesibilidad de la celulosa en condiciones ambientales sin necesidad de la utilización de ácido o solución alcalina.
- ▶ **Síntesis Fischer-Tropsch:** síntesis de hidrocarburos, alcoholes, aldehídos y cetonas por hidrogenación catalítica del monóxido de carbono usando gas de síntesis enriquecido por el paso de vapor por coque calentado. La síntesis se realiza con catalizadores metálicos (Fe, Co o Ni) a grandes temperaturas y presiones.
- ▶ **Solvólisis (organosolv):** se utiliza una mezcla de agua y uno o varios disolventes orgánicos miscibles en ella para la fragmentación de la lignina y su disolución en el medio. Se realiza en un amplio intervalo de temperaturas 140-250 °C y puede catalizarse con ácidos, bases o sales. Se emplea para facilitar la posterior hidrólisis enzimática de la fracción de celulosa. También se produce la hidrólisis de la hemicelulosa, lo cual mejora la digestibilidad enzimática de la fracción de celulosa y proporciona fracciones de mayor pureza (glucosa, C5 más resto de C6 y lignina).
- ▶ **Transesterificación:** reacción química, normalmente catalizada, que permite obtener ésteres a partir de aceites vegetales y un alcohol.

### Tratamientos termoquímicos

- ▶ **Combustión:** proceso de oxidación a temperaturas entre 600 °C y 1300 °C. Genera CO<sub>2</sub>, agua y cenizas como subproductos.
- ▶ **Gasificación:** proceso por el que la biomasa es oxidada parcialmente a alta temperatura (habitualmente en el rango de 600-900 °C) transformándose mayoritariamente en una mezcla gaseosa compuesta por CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O en distintas proporciones, dependiendo de la tecnología empleada y del agente gasificante (son susceptibles de su uso como agentes gasificantes el aire, el vapor de agua o/y el oxígeno y el hidrógeno).

- ▶ **Licuefacción:** conversión de biomasa a alta presión y temperatura para obtener hidrocarburos y subproductos líquidos.
- ▶ **Pirólisis:** degradación térmica de biomasa en ausencia de oxígeno. Se genera gas de síntesis para combustible, bioaceites, carbón activo e hidrocarburos ligeros (principalmente olefinas y parafinas).
- ▶ **Reformado con vapor:** el reformado con vapor (o *steam reforming*) es un proceso termoquímico usado para producir  $H_2$  a partir de las materias primas tales como el gas natural, carbón, metanol, etanol, o cualquier otro hidrocarburo.
- ▶ **Torrefacción:** calentamiento lento de la biomasa en ausencia de oxígeno hasta temperaturas finales en el rango 230-300 °C.

### Tratamientos biotecnológicos

- ▶ **Deslignificación biológica:** pretratamiento de la biomasa para la separación de lignina de la trama de polisacáridos y su degradación mediante el uso de enzimas o microorganismos.
- ▶ **Digestión anaerobia:** proceso biológico en el que la materia orgánica (sustrato), en ausencia de oxígeno y por medio de microorganismos (bacterias anaerobias), se degrada en biogás o biometano (40-60 %  $CH_4$ , 40-60 %  $CO_2$ , el resto:  $H_2$ ,  $H_2S$ , etc.) y digestatos (N, P, K, Ca, etc.) fundamentalmente. Esta degradación se da en tres fases diferenciadas y consecutivas: hidrólisis en la que las macromoléculas orgánicas se descomponen en productos más simples, acidogénesis-acetogénesis que conduce a la formación de ácidos orgánicos y ácido acético, y finalmente la metanogénesis a partir de ácido acético o de  $CO_2$  y  $H_2$  (producidos en las etapas anteriores).
- ▶ **Esterificación enzimática:** proceso de (trans)esterificación mediado por enzimas lipasas.
- ▶ **Fermentación:** cambio químico producido por un organismo vivo o una enzima, especialmente bacterias o microorganismos. La reacción incluye, generalmente, la descomposición de los azúcares y almidones a alcohol etílico y dióxido de carbono.
- ▶ **Hidrólisis enzimática:** tratamiento de hidrólisis en presencia de enzimas. Ejemplos de hidrólisis enzimática son la digestión enzimática (microorganismos lignocelulolíticos) y la sacarificación enzimática (enzimas celulolíticas).





# 6

## TIPOS DE BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA: PLATAFORMAS Y USOS

El Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de EE.UU. ha definido seis plataformas tecnológicas esenciales para la obtención de biocombustibles y bioproductos a partir de diversas fuentes de biomasa. Estas plataformas son:

- 1) Plataforma de azúcares-lignina.
- 2) Plataforma de gas de síntesis.
- 3) Plataforma de aceites de pirólisis.
- 4) Plataforma de biogás.
- 5) Plataforma de cadenas ricas en carbono.
- 6) Plataforma de plantas biofactoría (*molecular farming*).

Por su parte, Alemania ha identificado en su Hoja de Ruta sobre Biorrefinerías<sup>46</sup> otras posibles plataformas, agrupándolas de forma diferente, pero con un mismo fondo:

- 1) Plataforma de carbohidratos de bajo peso molecular (por ejemplo, lactosa o sacarosa).
- 2) Plataforma de carbohidratos poliméricos (por ejemplo, almidón, inulina o pectina).
- 3) Plataforma de componentes lignocelulósicos (lignina, celulosa o hemicelulosa).
- 4) Plataforma de proteínas.
- 5) Plataforma de fibras vegetales.
- 6) Plataforma de aceites vegetales y lípidos.
- 7) Plataforma de aceites de pirólisis.
- 8) Plataforma de jugo extraído a presión (*press juice*).
- 9) Plataforma de biogás.
- 10) Plataforma de gas de síntesis (*syngas*).

<sup>46</sup> Biorefineries Roadmap as part of the German Federal Government action plans for the material and energetic utilisation of renewable raw materials. 2012. Enlace: [https://www.bmbf.de/pub/Roadmap\\_Biorefineries\\_eng.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Roadmap_Biorefineries_eng.pdf)

Tal como se ha indicado en el epígrafe 3.2 *¿Qué es una biorrefinería?*, que una plataforma haya sido identificada por algún organismo público no implica su factibilidad para ser desarrollada y que se convierta en una instalación de biorrefinería en todos los países. Resulta clave analizar la disponibilidad de biomasa, la tecnología existente y la evolución del mercado para identificar las plataformas que pueden tener un desarrollo a corto plazo en un área geográfica determinada.

**El grupo de expertos españoles que desarrolla su actividad en biorrefinerías, representado por BIOPLAT y SusChem-España, considera necesario desarrollar el concepto de biorrefinería en función del tipo de plataforma en la que se base. Además, teniendo en cuenta que las materias primas y la plataforma a la que se puede llegar a partir de éstas están íntimamente relacionadas, se ha considerado la evaluación de las biomásas características de España como un paso clave a la hora de identificar las plataformas de biorrefinería susceptibles de ser desarrolladas en el territorio nacional.**

Así, atendiendo a estos criterios, se han identificado 6 plataformas con un alto potencial de desarrollarse en España, debido a su idoneidad para valorizar las materias primas biomásicas identificadas en el epígrafe 4.2 *Potencial de las biomásas en España* de este documento, es decir, debido a su factibilidad para aprovechar el potencial de recurso biomásico que posee España.

**Las plataformas de biorrefinería estratégicas para el sector español de la biorrefinería son** (de mayor a menor prioridad):

- ▶ Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos
- ▶ Plataforma de lignocelulosa
- ▶ Plataforma de azúcares

Además, se ha concluido que serán relevantes en un futuro muy próximo:

- ▶ Plataforma de proteínas
- ▶ Plataforma de biogás
- ▶ Plataforma de gas de síntesis

**Este Manual no analiza ni determina el nivel de madurez tecnológica (TRL) que presenta cada uno de los diferentes tipos de biorrefinerías para las distintas materias primas que pueden utilizarse en las mismas. Por ello, cualquier valoración realizada sobre alguna de estas biorrefinerías se referirá al proceso en sí y no a si la instalación se encuentra en escala piloto, semindustrial o comercializable como tecnología.**

En la siguiente tabla se muestra de forma visual qué biomásas son susceptibles de ser utilizadas para llegar a cada plataforma.

Plataformas identificadas como prioritarias en España	Tipos de biomásas susceptibles de ser utilizadas en biorrefinería como materia prima								
	Cultivos lignocelulósicos	Cultivos oleaginosos	Cultivos alcohólicos	Algas	Residuos agrícolas	Aprov. y residuos forestales	Residuos ganaderos	Residuos industriales	Residuos urbanos
Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos		■		■				■	■
Plataforma de lignocelulosa	■	■	■		■	■		■	■
Plataforma de azúcares	■		■	■				■	■
Plataforma de proteínas	■	■	■	■			■	■	
Plataforma del biogás							■	■	■
Plataforma de gas de síntesis	■				■	■		■	■

Materias primas que tradicionalmente han sido y son utilizadas y procesadas en esas plataformas.
  Materias primas susceptibles de ser utilizadas en esas plataformas.
  Nuevas materias primas que tradicionalmente no han sido utilizadas en esas plataformas pero podrían serlo en un futuro.

**Tabla 8.** Materias primas biomásicas que llevan a las distintas plataformas de biorrefinería identificadas para España.



## 6.1 BIORREFINERÍA DE ACEITE VEGETAL Y OTROS LÍPIDOS

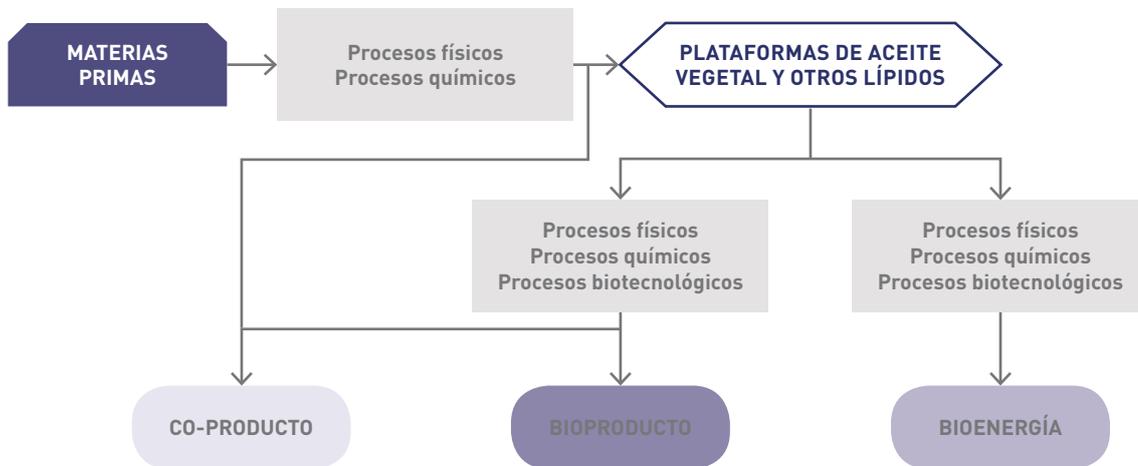


Figura 7. Representación esquemática de una biorrefinería de aceite vegetal y otros lípidos.

Materias primas	Procesos primarios	Procesos secundarios	Building blocks	Bioproductos	Bioenergía
Cultivos oleaginosos y residuos industriales  Cultivo de algas  Residuos industriales (grasas)  Residuos urbanos (aceites usados)	<b>Procesos físicos:</b> molienda, prensado, filtración, extracción  <b>Procesos químicos:</b> refinado	<b>Procesos físicos:</b> centrifugación, cristalización, destilación, extracción, tratamiento con ultrasonidos  <b>Procesos químicos:</b> craqueo, epoxidación, esterificación, hidrogenación, hidrólisis, isomerización, oxidación, reacciones en disolventes eutécticos, reacciones en líquidos iónicos, polimerización, transesterificación  <b>Procesos biotecnológicos:</b> esterificación enzimática, fermentación, hidrólisis enzimática	Ácidos y ésteres grasos  Alcoholes grasos  Dioles  Epiclorhidrina  Glicerol	Ácidos grasos, alcoholes y sus derivados  Ácidos dicarboxílicos: ácido sebáico, ácido 11-aminoundecanoico, ácido azelóico, ceras líquidas  Acetales, 1,3 propanodiol, 3-hidroxi propional, ácido acrílico y propileno, éteres y ésteres  Alimentos  Antioxidantes  Biodisolventes  Dioles, alfa-limoneno, dodecilsulfonatos  Emulsionantes y biolubricantes  Ésteres grasos y derivados  Fitoesteroles y fitoesteranos  Glicerol y derivados  Monómeros para biopolímeros (diácidos, diésteres, dioles, etc.)  Polímeros (poliamidas, poliésteres, poliuretanos)  Vitaminas. Proteínas y aminoácidos	Biocombustibles líquidos: biodiésel (FAME y FAEE), hidrobiodiésel (aceite vegetal hidrotratado -HVO-) y bioqueroseno (ésteres y ácidos grasos hidrotratados - HEFA-)  Calor  Electricidad

Tabla 9. Descripción de los diferentes componentes de una biorrefinería de aceite vegetal y lípidos.



## 6.2 BIORREFINERÍA DE LIGNOCELULOSA

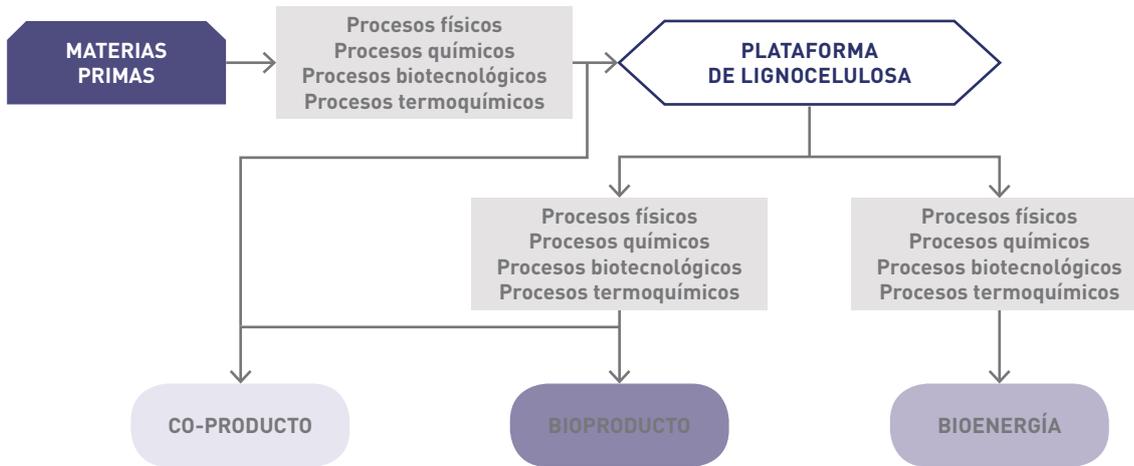


Figura 8. Representación esquemática de una biorrefinería de lignocelulosa.

Materias primas	Procesos primarios	Procesos secundarios	Building blocks	Bioproductos	Bioenergía
Cultivos lignocelulósicos Residuos agrícolas Aprovechamientos y residuos forestales Residuos industriales Residuos urbanos	<b>Procesos físicos:</b> fraccionamiento, molienda, prensado, tratamiento con ultrasonidos, secado/deshidratación  <b>Procesos químicos:</b> deslignificación, explosión con amoníaco (AFEX), explosión con CO <sub>2</sub> , explosión con vapor, hidrólisis, hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina, pretratamiento químico, reacciones en disolventes eutécticos, reacciones en líquidos iónicos  <b>Procesos termoquímicos:</b> gasificación, hidrólisis por vías termoquímicas, pirólisis  <b>Procesos biotecnológicos:</b> deslignificación biológica	<b>Procesos físicos:</b> cristalización, fraccionamiento, secado/deshidratación  <b>Procesos químicos:</b> electrólisis, hidrólisis, hidrogenación, hidrogenólisis, oxidación, polimerización, procesos hidrotérmicos, purificación, reacciones de condensación, reacciones en disolventes eutécticos, reacciones en líquidos iónicos, síntesis Fischer-Tropsch, solvólisis (organosolv)  <b>Procesos termoquímicos:</b> combustión, gasificación, pirólisis  <b>Procesos biotecnológicos:</b> hidrólisis enzimática, fermentación	Ácido 2,5-furandi-carboxílico (FDA) Ácido acético Ácido fórmico Ácido levulínico Azúcares C5 y C6 Dioles Furfural Gas de síntesis Lignina, celulosa e hemicelulosa Líquido de pirólisis Hidroximetilfurfural Valerolactona	Acetatos ésteres diversos Acetona Ácido levulínico Ácido succínico Ácido láctico Aldehído siríngico y ácido siríngico Alcoholes (etanol, butanol, isobutanol) Antioxidantes Azúcares C5 y C6 Biodisolventes derivados de azúcares Ciclohexano Compuestos aromáticos como benceno, tolueno, xilenos, fenoles y anisoles Cualquier producto de fermentación Fibras para composites Formiatos ésteres diversos Furfural e hidroximetilfurfural. Polímeros preparados a partir de derivados furánicos Hidrocarburos Hidrógeno Levulinatos, ésteres diversos. THF, FDA, MTHF, HMFA Lignina. Líquidos de pirólisis (biooils) Pectinas Piensos Polifenoles Productos del gas de síntesis Vainillina y ácido vainillínico	Biocombustibles líquidos: bioalcoholes como el bioetanol, bio-oils, BtL, Bio-DME (dimetiléter), bioqueroseno  Calor  Electricidad

Tabla 10. Descripción de los diferentes componentes de una biorrefinería de lignocelulosa.



## 6.3 BIORREFINERÍA DE AZÚCARES

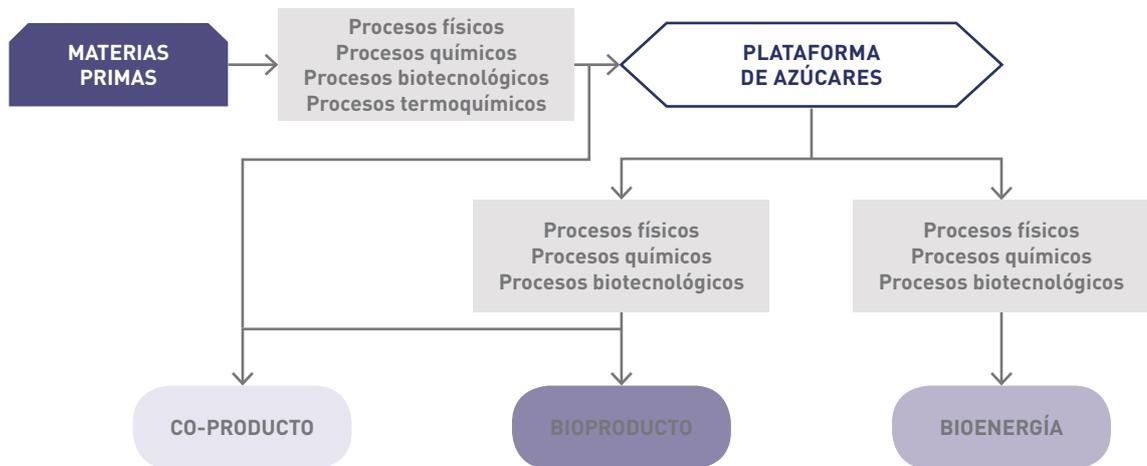


Figura 9. Representación esquemática de una biorrefinería de azúcares.

Materias primas	Procesos primarios	Procesos secundarios	Building blocks	Bioproductos	Bioenergía
Algas	<b>Procesos físicos:</b> extracción, molienda, prensado, secado/deshidratación  <b>Procesos termoquímicos:</b> licuefacción, pirólisis  <b>Procesos químicos:</b> hidrólisis, refinado  <b>Procesos biotecnológicos:</b> fermentación, hidrólisis enzimática	<b>Procesos físicos:</b> deshidratación  <b>Procesos químicos:</b> hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina, hidrogenación  <b>Procesos biotecnológicos:</b> fermentación, hidrólisis enzimática	Ácido xilónico	<b>Ácidos orgánicos y derivados:</b> ácido 2,5-furanodicarboxílico; ácido 3-hidroxiopropiónico; ácido adipico; ácido butírico; ácido cítrico; ácido furoico; ácido glucárico; ácido glucónico; ácido glucurónico; ácido 3-hidroxiopropanoico; ácido láctico; ácido levulínico; ácido málico; ácido 2-oxoglutarico; ácido pirúvico; ácido propiónico; ácido succínico; ácido itacónico; ácido xilónico; anhídrido maleico  <b>Alcoholes:</b> propanol; alcohol furfúrico; 2,3-butanodiol; isopropanol, butanotriol, N-metil-N-acil glucamidas (NMGA)  <b>Aminoácidos:</b> ácido aspártico; ácido glutámico  <b>Antibióticos</b>  <b>Azúcares fermentables</b>  <b>CO<sub>2</sub></b>  <b>Compuestos carbonílicos:</b> acetona; acetoina  <b>Compuestos de interés alimentario:</b> xantano; ésteres de sorbitan; vitaminas; proteína unicelular  <b>Compuestos heterocíclicos:</b> furano, hidroximetilfurfural, metiltetrahydrofurano, dihidropirano; THF  <b>Enzimas</b>  <b>Hydrocarburos:</b> 1,3-butadieno; farneseno, isopreno, xileno  <b>Lactonas:</b> γ-valerolactona  <b>Polímeros y oligómeros:</b> PEF (polietileno-furanoato); polihidroxicanoatos; alquilpoliglicósidos (Triton™ B6-10, Glucopon 215 CS UP, APG® 325 N)  <b>Polioles:</b> sorbitol; xilitol; manitol	Biocombustibles líquidos: bioalcoholes como el bioetanol o el biobutanol, farneseno, bioqueroseno  Calor  Electricidad
Cultivos alcoholígenos			Ácido oxálico		
Residuos industriales			Ácido fumárico		
Residuos urbanos			Ácido acético		
Cultivos lignocelulósicos			Azúcares C5 y C6		
		Etanol			
		Furano			
		Furfural			
		Glicerol			
		Glucosa			
		Polioles			
		1,3-propanodiol			
		1,2-propanodiol			
		Granos Secos de Destilería con Solubles (DDGS)			

Tabla 11. Descripción de los diferentes componentes de una biorrefinería de azúcares.



## 6.4 BIORREFINERÍA DE PROTEÍNAS

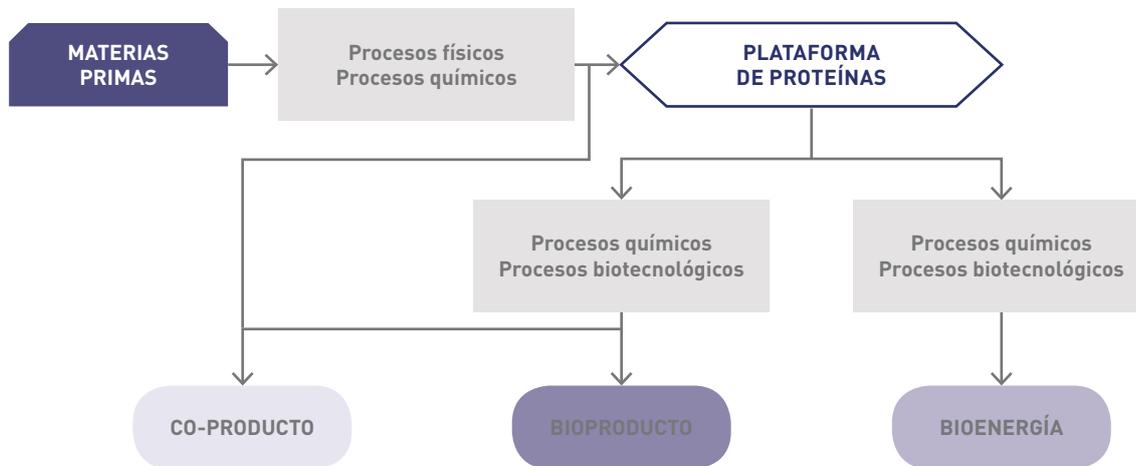


Figura 10. Representación esquemática de una biorrefinería de proteínas.

Materias primas	Procesos primarios	Procesos secundarios	Building blocks	Bioproductos	Bioenergía
Algas y cultivos altoproteicos Residuos herbáceos forestales Residuos industriales (alimentación, bebidas, etc.) Residuos ganaderos Residuos urbanos (procedente de HORECA)	<b>Procesos físicos:</b> extracción, filtración, fraccionamiento, prensado, molienda, rotura celular  <b>Procesos químicos:</b> hidrólisis	<b>Procesos químicos:</b> purificación  <b>Procesos biotecnológicos:</b> hidrólisis enzimática	Aminoácidos Péptidos	Antivirales Antioxidantes Alimentos Aminoácidos Colágeno, gelatina, queratina Compuestos químicos de alto valor añadido Hidrolizados de aminoácidos empleados en la preparación de fertilizantes Péptidos y enzimas Piensos Pigmentos Vitaminas	Calor Electricidad

Tabla 12. Descripción de los diferentes componentes de una biorrefinería de proteínas.



## 6.5 BIORREFINERÍA DEL BIOGÁS

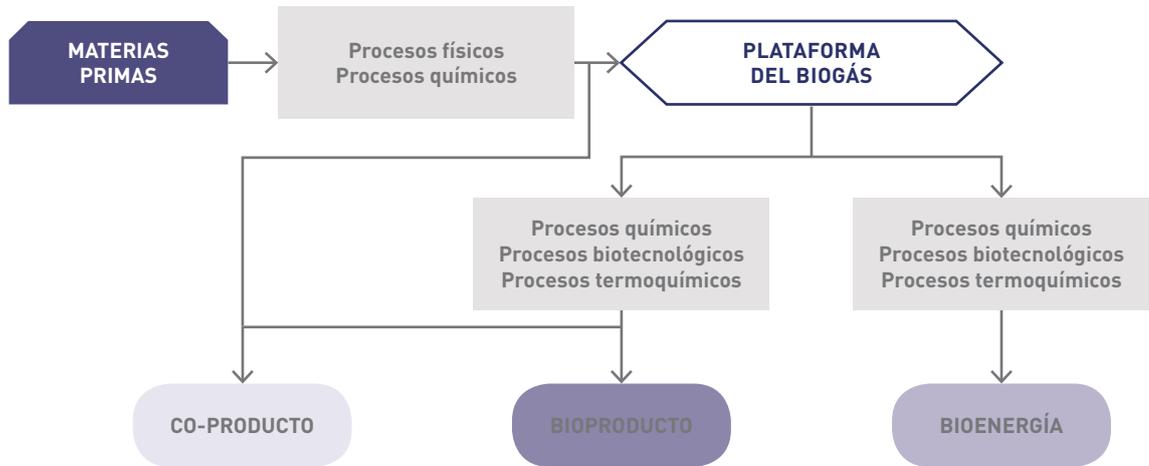


Figura 11. Representación esquemática de una biorrefinería del biogás.

Materias primas	Procesos primarios	Procesos secundarios	Building blocks	Bioproductos	Bioenergía
Residuos ganaderos Residuos industriales Residuos urbanos	<p><b>Procesos físicos:</b> extracción, filtración, fraccionamiento, prensado</p> <p><b>Procesos químicos:</b> hidrólisis</p> <p><b>Procesos biotecnológicos:</b> digestión anaerobia, fermentación</p>	<p><b>Procesos químicos:</b> purificación el biogás (<i>upgrading</i>)</p> <p><b>Procesos termoquímicos:</b> reformado con vapor (<i>steam reforming</i>)</p> <p><b>Procesos biotecnológicos:</b> digestión anaerobia</p>	<p>Acetatos</p> <p>Ácidos carboxílicos volátiles</p>	<p>Ácidos carboxílicos volátiles</p> <p>Fertilizantes</p> <p>Hidrógeno</p>	<p>Biocombustible: biometano</p> <p>Calor</p> <p>Electricidad</p>

Tabla 13. Descripción de los diferentes componentes de una biorrefinería del biogás.



## 6.6 BIORREFINERÍA DE GAS DE SÍNTESIS

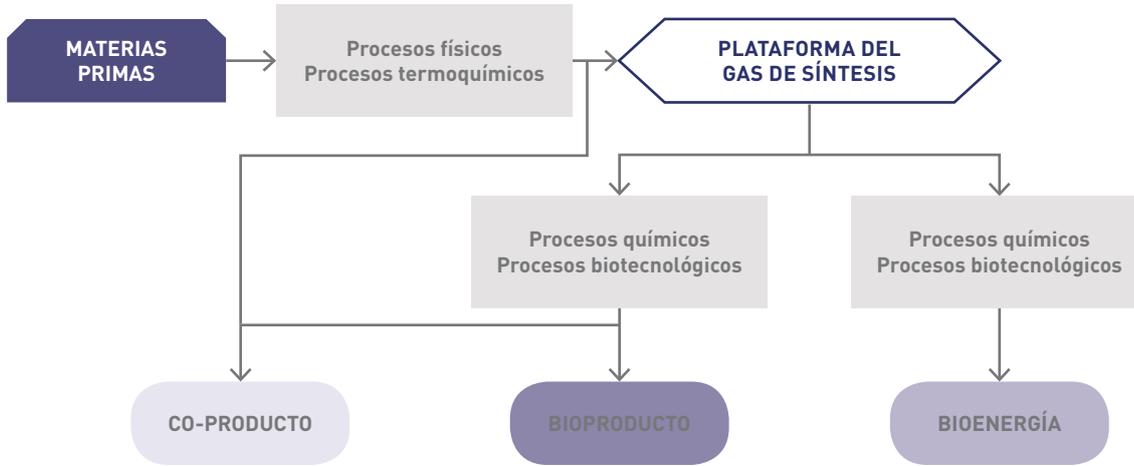


Figura 12. Representación esquemática de una biorrefinería del gas de síntesis.

Materias primas	Procesos primarios	Procesos secundarios	Building blocks	Bioproductos	Bioenergía
Cultivos lignocelulósicos Aprovechamientos y residuos forestales Residuos industriales Residuos urbanos	<b>Procesos físicos:</b> extracción, filtración, molienda, prensado  <b>Procesos termoquímicos:</b> gasificación	<b>Procesos químicos:</b> Hidrogenación, síntesis de Fischer- Tropsch  <b>Procesos biotecnológicos:</b> fermentación	Gas de síntesis	Ácido acético Ácido butírico Ceras CO <sub>2</sub> Dimetiléter (DME) Gases C1-C5 Hidrógeno	Biocombustibles líquidos: bioalcoholes como el bioetanol, bio-oils, BtL, Bio-DME, bioqueroseno  Calor Electricidad

Tabla 14. Descripción de los diferentes componentes de una biorrefinería del gas de síntesis.





# ENCUADRE POLÍTICO, SOCIOECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL DE LAS BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA

La explotación de la importante cantidad de recursos biomásicos de todo tipo que se encuentran infrutilizados en España, representa una oportunidad de avance en la senda marcada por la política de la bioeconomía establecida por la Unión Europea. Apostar por la valorización de estos recursos autóctonos, generará beneficios muy sustanciales para el conjunto de España: creación de nuevos modelos productivos de alto valor añadido y consolidación de otros, fortalecimiento del tejido industrial español, además de la consecuente creación de riqueza y mantenimiento de puestos de trabajo (fundamentalmente en áreas rurales, al ser donde se encuentran los recursos biomásicos). Todo esto implicaría a su vez importantísimas ventajas medioambientales, claves para la consecución de los compromisos en materia de cambio climático que España ha asumido en la XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático de París –COP21– 2015<sup>47</sup>, en la que se fijó el objetivo de mantener el incremento de la temperatura mundial por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, para lo cual los distintos países se han comprometido a adoptar los mecanismos necesarios para no superar los 1,5 °C.

Los compromisos de reducción de emisiones nacionales entrarán en vigor en 2020, se revisarán cada 5 años y contemplan el uso de mecanismos de mercado (compraventa de emisiones) para cumplir los objetivos. La financiación recaerá sobre los países desarrollados que deberán movilizar más de 100.000 millones de dólares anuales desde el 2020 para financiar las medidas de mitigación y adaptación en los países de desarrollo. Sin una clara apuesta por fomentar la bioeconomía y la economía circular, tanto a nivel europeo como nacional, será realmente complicado asegurar el cumplimiento de estos compromisos. De ahí la importancia de comenzar cuanto antes a orientar tanto a los productores de biomásas como a las industrias valorizadoras hacia mercados engranados con la bioeconomía, en los que los distintos tipos de biorrefinerías susceptibles de constituirse en España podrían conformar unos sólidos pilares.

<sup>47</sup> COP21. Enlace: <http://www.cop21paris.org>



## 7.1 ENCUADRE POLÍTICO

La Comisión Europea mantiene una estrategia dirigida a orientar la economía europea hacia un uso más sostenible de los recursos. En la **Estrategia Europa 2020**<sup>48</sup> se establecieron unos **objetivos a 2020** relativos al cambio climático y la sostenibilidad energética: reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) un 20% con respecto a los niveles de 1990, aumentar la eficiencia energética un 20% y una participación de las energías renovables del 20% en el consumo total de energía de la Unión Europea. En 2014 estos objetivos de cambio climático y eficiencia energética fueron fijados para el año 2030<sup>49</sup>: recorte de emisiones de GEI de al menos un 40% (sobre niveles de 1990), aumento de la eficiencia energética en un 27% y ampliación de la cuota de renovables hasta suponer al menos el 27% sobre el consumo total de energía. Como respaldo a la mencionada Estrategia Europa 2020, se publicó la Directiva Europea de Energías Renovables (2009/28/CE), la cual incluía disposiciones clave para la consecución de los mencionados objetivos a 2020. En lo que respecta al escenario 2030, desde noviembre de 2015 hasta febrero de 2016 la Comisión Europea ha mantenido abierta una consulta pública sobre la nueva **Directiva Europea de Energías Renovables** para el periodo 2020-2030 (REDII). La Comisión identificó preliminarmente cinco áreas prioritarias sobre las que la nueva Directiva REDII deberá establecer medidas específicas, como son la capacitación de los consumidores, la descarbonización del sector de la climatización, la adaptación del diseño del mercado energético y la eliminación de barreras, así como la mejora del uso de energía renovable en el sector del transporte.

A finales de 2016 la Comisión Europea publicó el denominado 'paquete de invierno': Energía limpia para todos los europeos<sup>50</sup> con objeto de desbloquear el potencial de crecimiento de Europa. La Comisión pretende que este paquete de medidas consiga preservar la competitividad de la Unión Europea, ya que se considera que la transición hacia una energía limpia está cambiando los mercados mundiales de la energía. Las propuestas legislativas contenidas en el paquete abarcan la eficiencia energética, las energías renovables, el diseño del mercado de la electricidad, la seguridad del abastecimiento de electricidad y las normas de gobernanza de la Unión de la Energía.

Las medidas europeas relativas al cambio climático y la eficiencia energética mencionadas previamente no son las únicas vigentes, ya que la Comisión Europea también ha definido políticas e instrumentos para crear y mantener empleos y aumentar la inversión en I+D realizada, entre otros, poniendo en valor el engranaje que existe entre los diferentes sectores económicos del continente.

Existen a escala europea dos claras iniciativas de apoyo a la bioeconomía en general y las biorrefinerías en particular: la Estrategia Europea de Bioeconomía<sup>51</sup> y la JTI de Bioindustrias<sup>52</sup>; además de la EIP de Agricultura Productiva y Sostenible, cuyo ámbito también comprende la bioeconomía.

En concreto, la Estrategia determina el plan de acción sobre bioeconomía de la Unión Europea. Este plan recomienda la adopción de medidas para la gestión sostenible de los recursos naturales, la reducción de la dependencia de los recursos no renovables, la atenuación del cambio climático y la creación de puestos de trabajo, manteniendo la competitividad europea. Para ello, la investigación, el desarrollo y la consecuente implantación comercial de las biorrefinerías en el mercado europeo constituyen una parte fundamental para conseguir estos objetivos. Se crearía un nuevo modelo, en el que los recursos biomásicos autóctonos de cada territorio sustituirían a los combustibles fósiles como base de un modelo de producción a gran escala.

Por otro lado, en 2014 se creó la **JTI de Bioindustrias**, asociación público-privada entre la Comisión Europea y el Consorcio de Bioindustrias (BIC)<sup>53</sup> -formado por representantes industriales que operan en la bioindustria europea-, que tiene previsto destinar más de 3.700 millones de euros en el periodo 2014-2020 para financiar los proyectos sobre bioindustrias más avanzados en tecnología. Las entidades españolas, que representan un 30% de los miembros de BIC -muestra del interés que suscita el desarrollo de la bioeconomía en España-, han participado en las dos convocatorias (2014 y 2015) que se han lanzado hasta la fecha. En la convocatoria de 2014 hubo 3 proyectos con participación española<sup>54</sup> de un total de 10 financiados -uno de ellos liderado por una empresa española-.

<sup>48</sup> Europa 2020: la estrategia de la Unión Europea para el crecimiento y la ocupación.

Enlace: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=URISERV:em0028&from=ES>

<sup>49</sup> Marco sobre clima y energía para 2030. Comisión Europea. Enlace: [http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index_es.htm)

<sup>50</sup> Energía limpia para todos los europeos (30 de noviembre de 2016).

Enlace: <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>

<sup>51</sup> COM (2012) 60 final. La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa.

Enlace: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0060:FIN:ES:PDF>

<sup>52</sup> La JTI de Bioindustrias es una Asociación Público-Privada (PPP) entre la Unión Europea y el Consorcio de Bioindustrias (BIC), que financiará proyectos I+D sobre bioindustrias en el periodo 2014-2020, basándose en su Documento de Visión y su Agenda Estratégica de Investigación e Innovación, ambos documentos desarrollados por la bioindustria europea. Enlace: <http://biconsortium.eu/about/>

<sup>53</sup> Consorcio de Bioindustrias (BIC). Enlace: <http://biconsortium.eu/about/>

<sup>54</sup> Convocatoria 2014 de la JTI de Bioindustrias. Enlace <http://biconsortium.eu/call-2014>

<sup>55</sup> Asociación Europea de Innovación EIP de Agricultura Productiva y Sostenible.

Enlace: <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/eip-agricultura-productiva-sostenible>

En paralelo, la Comisión Europea creó en 2012 la Asociación Europea de Innovación **EIP (European Innovation Partnership) de Agricultura Productiva y Sostenible**<sup>55</sup>, con objeto de acelerar la innovación en el sector agrario y lograr una agricultura competitiva que produzca más con menos recursos y, por tanto, con un menor impacto ambiental. Este instrumento pretende mejorar el intercambio y la transferencia de conocimientos desde el ámbito de la investigación al de la aplicación práctica en diversos ámbitos entre los cuales destaca la bioeconomía. La EIP se implementará a través de los Programas de Desarrollo Rural (PDR), mediante ayudas al desarrollo rural del fondo FEADER.

Otro de los objetivos a nivel europeo que se mencionan, tanto en la estrategia europea a 2020 como en la estrategia en bioeconomía, consiste en **volver a instaurar la industria en Europa**, objetivo al cual se podría contribuir apostando por un nuevo modelo

productivo basado en la implantación de biorrefinerías, al implicar la utilización de los recursos biomásicos existentes en un alcance geográfico cercano. Los países que localizan su fabricación ganan capacidad manufacturera y mantienen competencias para diseñar y desarrollar nuevos productos y servicios y, en consecuencia, mantienen su modelo económico y social en el actual mercado global. Asimismo, existen iniciativas complementarias a las mencionadas por parte de la Comisión Europea para impulsar la bioeconomía. Por ejemplo, la DG GROWTH (Dirección General de Mercado Interno, Industria, Emprendimiento y Pymes) ha seleccionado seis **Regiones Modelo** europeas con interés en mejorar su economía aprovechando el potencial propio tanto referente a la economía circular en general, como a la bioeconomía y la simbiosis industrial en particular, con objeto de conseguir inversiones sobre proyectos industriales en la región. Una las Regiones Modelo seleccionada ha sido Andalucía<sup>56</sup>,

Retos	Medidas estratégicas	Ámbitos
<ol style="list-style-type: none"> <li>Avanzar en la gestión sostenible de los ecosistemas agroforestales.</li> <li>Actuar sobre las causas, mitigar los efectos y adaptarse al cambio climático.</li> <li>Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos.</li> <li>Luchar contra la erosión de los suelos y mejorar su fertilidad.</li> </ol>	<p><b>Medida 1. Conservación y gestión integral y eficiente de los recursos naturales utilizados por el sector. Adaptación y mitigación del cambio climático.</b></p>	<p>Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Conservar los recursos genéticos y preservar la biodiversidad.</li> <li>Reducir la dependencia exterior de piensos y materias primas.</li> <li>Avanzar en el desarrollo y aplicación de la mejora genética para promover la sostenibilidad y competitividad del sector.</li> <li>Producir de forma más eficiente. Mejorar la productividad sin incrementar el impacto ambiental.</li> <li>Mejorar los sistemas, métodos y técnicas de producción y protección agraria más sostenibles.</li> <li>Garantizar la protección de los cultivos agrícolas y especies forestales, mediante la lucha biológica y la aplicación sostenible de los productos fitosanitarios.</li> <li>Mejorar la sanidad y el bienestar de la cabaña ganadera.</li> <li>Producir biomasa y otros recursos biológicos renovables.</li> <li>Transformar, valorizar y eliminar los residuos de manera controlada.</li> </ol>	<p><b>Medida 2. Mejora sostenible de los sistemas de producción agrícola, ganadera y forestal.</b></p>	<p>Sistemas de producción vegetal, animal y forestal</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Mejorar los procesos agroindustriales y los sistemas de control. Avanzar en la fábrica del futuro</li> <li>Biorrefinerías para producir bioproductos y biocombustibles. Procesos de valorización de subproductos y residuos de la cadena.</li> </ol>	<p><b>Medida 3. Mejora y desarrollo de nuevos sistemas, procesos y tecnologías agroindustriales para implementar la bioeconomía.</b></p>	<p>Tecnología de los alimentos y biorrefinería</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar alimentos innovadores y seguros para satisfacer la demanda de los consumidores.</li> <li>Incrementar la calidad de los alimentos. Calidad diferenciada.</li> </ol>	<p><b>Medida 4. Aumento de la calidad de los alimentos y creación de nuevos productos alimenticios.</b></p>	<p>Calidad de los alimentos y nuevos productos</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar nuevos modelos de comercialización y cadenas de distribución más flexibles, eficientes y sostenibles</li> <li>Mejorar la logística y el transporte.</li> <li>Comprender y anticiparse a las tendencias de los consumidores y a la orientación de los mercados.</li> <li>Desarrollar sistemas inteligentes de gestión y apoyo a la toma de decisiones públicas y empresariales.</li> </ol>	<p><b>Medida 5. Vertebración y optimización inteligente de la cadena agroindustrial para generar y repartir mejor el valor añadido.</b></p> <p><b>Medida 6. Implantación de nuevas herramientas de gestión estratégica y redes colaborativas de innovación.</b></p>	<p>Cadena y economía agroalimentaria</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Garantizar las rentas agrarias y forestales.</li> <li>Garantizar la seguridad, trazabilidad y etiquetado de los alimentos.</li> </ol>	<p><b>Medida 7. Incremento de la seguridad y los servicios de trazabilidad, alerta y gestión de riesgos del sistema agroalimentario y la seguridad de las rentas de los productores.</b></p>	<p>Seguridad y trazabilidad</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Crear nuevos servicios y empresas que faciliten la inclusión social y el desarrollo del medio rural.</li> </ol>	<p><b>Medida 8. Fomento de la innovación social en el medio rural.</b></p>	<p>Innovación social</p>

**Tabla 15.** Retos y medidas estratégicas enmarcados en los ámbitos de innovación.<sup>61</sup>

<sup>56</sup> Selection of six Model Demonstrator Regions to receive Advisory Support [DG Growth]. Enlace: [http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item\\_id=8436](http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=8436)

cuya propuesta ponía en valor la experiencia andaluza en uso de biomasa (principalmente del olivar y los subproductos derivados de su cultivo), la gestión de residuos agrícolas y la importancia su industria química. Esta actuación puede interpretarse como una señal de la firme apuesta europea por la bioeconomía y las biorrefinerías.

Adicionalmente, la Comisión Europea presentó en diciembre de 2015 un paquete de medidas sobre **economía circular**<sup>57</sup> apostando decididamente por la transición hacia la economía circular y estableciendo un programa de cero residuos en Europa<sup>58</sup>. La economía circular persigue el uso más eficiente de los recursos finitos extrayendo el máximo valor y uso de todas las materias primas, productos y residuos, fomentando el ahorro energético y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. La bioeconomía, por su parte, fomenta la utilización óptima de los residuos biomásicos producidos tanto por el sector primario, como por la población y la industria. Las unidades productivas clave en las que se articula la conversión de las biomásas en bioproductos son las biorrefinerías por lo que el desarrollo de las biorrefinerías encaja perfectamente con dicha tendencia contribuyendo a la transición hacia la economía circular a la par que se evitaría la penalización asociada a la generación y/o vertido de residuos de origen biológico.

A nivel nacional los diferentes organismos públicos también han ido alineando sus posiciones con Europa de forma que se está estableciendo progresivamente un marco político propicio a la implementación de políticas basadas en la bioeconomía en España, en las cuales las biorrefinerías constituirán pilares fundamentales.

De este modo, se pueden encontrar ya referencias del apoyo institucional a la bioeconomía y, de manera explícita, a las biorrefinerías, en documentos recientes del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) como son el **Programa Nacional de Innovación e Investigación Agroalimentaria y Forestal**<sup>59</sup> (enero 2015), el **Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020**<sup>60</sup>

(mayo 2015) y la **Estrategia Española de la Bioeconomía**<sup>61</sup> y su correspondiente Plan de Acción (marzo 2016). En ellos se apoya el aprovechamiento del potencial de biomasa existente en España, para dar respuesta a los retos tecnológicos del futuro más próximo.

Por su parte, el **Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MEIC)** recoge en sus documentos base (**Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación**<sup>62</sup> y el **Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación**<sup>63</sup>) mecanismos de apoyo a la I+D+i para fomentar este tipo de industrias y que, sin duda, se erigen como elementos clave para potenciar la colaboración público-privada en el ámbito de la bioeconomía.

El **Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD)** ha adoptado los objetivos de la Directiva europea para el fomento de renovables (2009/28/CE) y ha plasmado en el **Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020**<sup>64</sup> los objetivos que debe cumplir España para 2020 en materia de renovables: éstas deben representar un 20% del consumo final bruto de energía, con un porcentaje en el transporte del 10%. Además, el mismo Ministerio también ha señalado como **objetivo fundamental la reindustrialización de España**, apostando por una industria con unas cualidades que las biorrefinerías podrían satisfacer dada su naturaleza, al ser capaces de generar empleo cualificado, de alto nivel tecnológico, con la mayor aportación de valor añadido posible, gran capacidad para competir en los mercados exteriores y recuperar la marca España como sinónimo de calidad.

A todo esto, hay que sumar el gran interés autonómico mostrado por las distintas regiones españolas en valorizar sus biomásas y poder establecer bioindustrias en su región, reportando los consiguientes beneficios socioeconómicos y ambientales en su entorno.

En conclusión, tanto en Europa como en España se ha establecido un marco de estrategias compuestas por un conjunto armónico de políticas orientadas a un fin: relocalizar la industria, potenciar la bioeconomía y fomentar la economía circular. Todas estas medidas proporcionan un marco de contorno favorable para el desarrollo de las biorrefinerías.

La economía circular persigue el uso más eficiente de los recursos finitos

<sup>57</sup> Paquete sobre la economía circular: preguntas y respuestas. Comisión Europea. Enlace: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-15-6204\\_es.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_es.htm)

<sup>58</sup> COM(2014) 398 final. Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa. Enlace: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0009.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>59</sup> Programa Nacional de Innovación e Investigación Agroalimentaria y Forestal. Documento Estratégico. Enero 2015. MAPAMA. Enlace: [http://www.idi-a.es/sites/default/files/magrama\\_programa\\_nacional\\_de\\_innovacion\\_e\\_investigacion\\_agroalimentaria\\_y\\_forestal\\_0.pdf](http://www.idi-a.es/sites/default/files/magrama_programa_nacional_de_innovacion_e_investigacion_agroalimentaria_y_forestal_0.pdf)

<sup>60</sup> Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020. MAPAMA. Enlace: <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/programas-ue/periodo-2014-2020/programas-de-desarrollo-rural/programa-nacional/>

<sup>61</sup> Estrategia Española de Bioeconomía: Horizonte 2030. MEIC. Enlace: <http://bioeconomia.agripa.org/download-doc/102163>

<sup>62</sup> Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020. MEIC. Enlace: [http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia\\_espanola\\_ciencia\\_tecnologia\\_Innovacion.pdf](http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia_espanola_ciencia_tecnologia_Innovacion.pdf)

<sup>63</sup> Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2013-2020. MEIC. Enlace: [http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan\\_Estatal\\_Inves\\_cientifica\\_tecnica\\_innovacion.pdf](http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan_Estatal_Inves_cientifica_tecnica_innovacion.pdf)

<sup>64</sup> Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020. MINETAD. Enlace: <http://www.minetur.gob.es/energia/Desarrollo/EnergiaRenovable/Paginas/Paner.aspx>



## 7.2 BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS

La valorización de biomásas cuenta con enorme capacidad para generar actividad económica y empleo en el territorio nacional, debido fundamentalmente al necesario aprovisionamiento continuo de las instalaciones (tales como las biorrefinerías), las cuales cuentan con un marcado carácter industrial. Así como para contribuir, de manera decisiva, a la cohesión territorial y a la fijación de población en áreas rurales con riesgo de despoblamiento, debido a que tanto las biomásas como las instalaciones valorizadoras se localizan generalmente en el medio rural, donde se encuentran los recursos. Entre los principales beneficios socioeconómicos de la valorización de biomásas pueden destacarse los siguientes:

- ▶ Generación de un elevado número de empleos asociados al aprovisionamiento de las instalaciones y capacidad de mantenimiento de los mismos en el tiempo (actuaciones en continuo: recogida, pretratamientos, distribución y transporte de los combustibles biomásicos).
- ▶ Generación de riqueza nacional como consecuencia del aumento del producto interior bruto vinculado a inversiones en industrias y tecnologías españolas.
- ▶ Dinamización del medio rural como consecuencia de la mejora socioeconómica de las áreas rurales y del equilibrio territorial, al ser donde se localizan generalmente los recursos biomásicos y las instalaciones valorizadoras.
- ▶ Interrelación y dinamización de determinados sectores industriales, mejorando su competitividad a través de la innovación, tales como el sector primario, energético, químico, farmacéutico, alimentario, etc.
- ▶ Creación y transferencia de conocimiento, aumentando la ventaja competitiva nacional e incrementando la competitividad comercial.
- ▶ Obtención de bioenergía (estratégico para España y Europa) y bioproductos de alto valor añadido.
- ▶ Disminución de la compra de materias primas y combustibles fósiles, contribuyendo a disminuir el enorme déficit de la balanza comercial espa-

ñola por compra de productos energéticos (España es uno de los países con mayor dependencia energética de la Unión Europea, muy por encima de la media).

- ▶ Generación de ahorros en la compra de derechos de emisión de CO<sub>2</sub> no solo por la sustitución de combustibles fósiles por combustibles renovables, sino por la evitación de emisiones de GEI, fundamentalmente emisiones difusas asociadas a deyecciones ganaderas (España fue en 2012 el segundo país del mundo, tras Japón, que más derechos de emisión de dióxido de carbono compró<sup>65</sup> y en 2015 volvió a niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> de 1998<sup>66</sup>).
- ▶ Mejora de la rentabilidad de las instalaciones mediante el aprovechamiento de los subproductos generados en sus propios procesos.

**En lo que respecta a los bioproductos** (materiales, productos químicos, alimentos y piensos) generados en las biorrefinerías, su potencial se extiende a lo largo de todo el espectro de productos de la industria química; además éstos pueden emplearse en otros ámbitos de la cadena de valor. En concreto, los bioproductos y biomateriales con mayor potencial comercial son aquellos con propiedades mejoradas y/o con costes de producción inferiores o que técnicamente no se puedan obtener a partir de materias primas fósiles.

Algunos de los bioproductos generados en biorrefinerías en los que se ha detectado potencial comercial e interés por la industria química son:

- ▶ **Productos químicos básicos** como los productos de plataforma mencionados en el capítulo anterior. Existe un interés especial en el ácido 3-hidroxipropiónico, el ácido succínico, el 1,3-propanediol, el furfural o el isopreno.
- ▶ Los **monómeros** para la producción de polímeros que puedan conducir a una amplia variedad de materiales poliméricos de altas prestaciones. Algunos de ellos ya se encuentran en el mercado, como los ácidos grasos de cadena larga, los diácidos o diaminas para las poliaminas, o los dioles o polioles para los poliuretanos

<sup>65</sup> España gastó 770 millones de euros para poder emitir CO<sub>2</sub> [29/4/2012]. Enlace: <http://www.elmundo.es/elmundo/2012/04/29/natura/1335686189.html>

<sup>66</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> crecieron un 5% en 2015 hasta alcanzar niveles de 1998. Enlace: <http://www.elmundo.es/ciencia/2016/02/18/56c61418ca47410f338b457c.html>

o poliésteres. Asimismo, el mercado de consumo demanda nuevos biomateriales, por ejemplo, para las cápsulas desechables de café o las monodosis de detergentes y lavavajillas, así como nuevos biomateriales que sean completamente biodegradables en el cuerpo humano.

- ▶ **Productos químicos intermedios y especialidades químicas** como los biodisolventes, los biosurfactantes o los biolubricantes, algunos de los cuales ya están en producción industrial. Algunos productos intermedios, en particular las moléculas quirales, como los aminoácidos, se han producido tradicionalmente a partir de materias primas biológicas (biomasas) y ya está muy extendido el uso de bioproductos en la obtención de ingredientes de alto valor para la industria cosmética y farmacéutica.

- ▶ **Fibras y resinas para materiales compuestos (composites)**, de gran interés para las industrias de construcción, automoción y embalaje.

La biotecnología industrial (considerada una de las tecnologías facilitadoras clave por la UE) está creciendo de forma destacable en Europa. Así, en el año 2010 las ventas de productos químicos generados por procesos biotecnológicos ascendieron a 91.900 millones de euros representando el 6,2% de las ventas del sector químico en su conjunto. En el año 2015 las ventas ascendieron ya a 228.000 millones de euros representando el 12,1% del total del sector químico como consecuencia de una tasa de crecimiento anual compuesto del 20%.

El porcentaje de productos obtenidos mediante procesos de biorrefinería se incrementó en todos los segmentos y subsegmentos del sector químico en el periodo 2010-2015 y se espera que ese crecimiento se mantenga al menos hasta el año 2020.

**En lo que respecta a la bioenergía**, se trata de una actividad económica de marcado carácter industrial. El aprovechamiento de la biomasa requiere movilizar importantes recursos humanos y de capital, con la peculiaridad de que mantiene una intensa relación de suministros con proveedores, al tener que aprovisionar con biomasas continuamente a las instalaciones y otros servicios anexos.

El valor económico de estos procesos productivos –estrictamente la generación de rentas y de empleos– puede aproximarse mediante la aportación que realizan al Valor Añadido Bruto (VAB) y a la creación y el mantenimiento de puestos de trabajo de la economía española. Esto es lo que se conoce como ‘el valor económico’ de la bioenergía.

Según datos del informe El sector de la bioenergía en España<sup>67</sup> publicado en 2015 por la Plataforma Tecnológica Española Biomasa para la Bioeconomía –BIOPLAT–, la contribución de la bioenergía (entendida como la producción de electricidad, energía térmica y biocarburantes para el transporte) al VAB total de la economía española en el año 2014 correspondió a 1.420 millones de euros (0,3% del total). En términos de empleo, la bioenergía creó 18.532 puestos de trabajo (0,3% del total).

Distinguiendo según el tipo de actividad:

- ▶ **Biomasa y biogás para generación eléctrica.** En conjunto, la aportación a la economía española de la biomasa y el biogás para generación de electricidad en 2014 fue de 225 millones de euros y 3.200 puestos de trabajo.

- ▶ **Biomasa para generación térmica.** En conjunto, la aportación a la economía española de la biomasa para generación térmica en industrias y edificios en 2014 fue de 778 millones de euros y 11.073 puestos de trabajo.

- ▶ **Biocarburantes.** Por tipo de carburante, la aportación a la economía española del sector del bioetanol en 2014 correspondió a 109,5 millones de euros mientras que el sector del biodiésel aportó 308,2 millones de euros. Asimismo, el número de empleos creados en España por los sectores de bioetanol y biodiésel fue igual a 4.259 puestos de trabajo.

<sup>67</sup> El sector de la bioenergía en España. BIOPLAT [2015].  
Enlace: [http://www.bioplat.org/setup/upload/modules\\_docs/content\\_cont\\_URI\\_3886.pdf](http://www.bioplat.org/setup/upload/modules_docs/content_cont_URI_3886.pdf)



## 7.3 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES

La valorización y transformación de las biomásas en las biorrefinerías presenta una serie de beneficios ambientales directamente relacionados con el ahorro de emisiones y la mejora de la calidad del aire, además de contribuir a evitar el abandono, enterramiento o quema incontrolada de residuos potencialmente contaminantes y perjudiciales para determinados hábitats (debido a lixiviación de nitratos, incendios forestales, etc.). Entre los principales beneficios medioambientales pueden destacarse los siguientes:

- ▶ Ahorro en la gestión y tratamiento de residuos y contribución al depósito cero de materia orgánica en vertedero, tal y como establece la normativa europea.
- ▶ Aprovechamiento de determinados residuos orgánicos como materias primas de procesos industriales (de residuo a recurso).
- ▶ Minimización de la generación y disipación incontrolada de metano (procedente de biomásas ganaderas), reduciendo de manera sustancial la producción de emisiones difusas de gases de efecto invernadero (el metano es un gas de efecto invernadero 23 veces más perjudicial que el CO<sub>2</sub>).
- ▶ Disminución de incendios forestales de gran magnitud e indiscriminados en los bosques españoles, como consecuencia de la valorización de biomásas generadas en los procesos de gestión sostenible de los montes.
- ▶ Reducción del impacto ambiental en comparación a las refinerías tradicionales de productos petrolíferos.
- ▶ Disminución sustancial de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes (CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>) a la atmósfera al sustituir a combustibles fósiles.
- ▶ Reducción de emisiones asociadas al transporte de la materia prima biomásica, al proceder ésta generalmente de la misma instalación o de un recurso generado en zonas próximas.
- ▶ Reducción del peligro derivado del escape de gases tóxicos y combustibles empleados en otras industrias.
- ▶ Contribución a la conservación de la biodiversidad.

Principales indicadores del sector de la bioenergía en 2014			
Biomasa	Potencia eléctrica acumulada	Producción eléctrica y térmica	Consumo energía final
			
	676.785 kW	4.954 ktep	4.005 ktep
	1,4%	28,7%	75,6%
Biogás	Potencia eléctrica acumulada	Producción eléctrica y térmica	Consumo energía final
			
	222.512 kW	252 ktep	43 ktep
	0,4%	1,5%	0,8%
Biocarburantes	Capacidad de producción acumulada a 2014	Producción para transporte	Consumo energía final
			
	4.145 ktep	969 ktep	969 ktep
	N/A	5,6%	18,3%

Figura 13. Principales indicadores del sector de la bioenergía en España en 2014.<sup>67</sup>

# 8

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



### 8.1 ¿POR QUÉ ESPAÑA TIENE UNA POSICIÓN ESTRATÉGICA PARA EL DESARROLLO DE BIORREFINERÍAS?

España tiene un elevado potencial de biomasa que constituye una sólida base y principal punto de partida para el desarrollo de las biorrefinerías, puesto que la biomasa es la materia prima desde la que se obtendrán energía, productos químicos, materiales, alimentos y piensos. Ya existe posibilidad de utilizar un gran volumen de biomasa que aumenta cada año y se encuentra infrautilizada. Además, tanto por su climatología como por su geografía, España posee unas condiciones óptimas para la producción primaria de determinadas biomásas, lo que posibilitaría utilizar tierras hasta ahora marginales o abandonadas y dinamizar áreas rurales e industriales.

Aparte de la relevante creación de empleo ligada a la producción y logística de la biomasa, la explotación del potencial biomásico español contribuiría a asegurar el abastecimiento de materias primas a las biorrefinerías y a reducir la dependencia energética, al producir bioenergía y/o biocombustibles en estas instalaciones.

España cuenta con una red de universidades y centros de excelencia con un amplio conocimiento multidisciplinar en áreas tan relevantes para las biorrefinerías como química, energía y biomasa. Estos centros gozan de reconocimiento nacional e internacional. Asimismo, España cuenta con un gran tejido industrial. El trinomio ciencia-tecnolo-

gía-empresa español acumula un gran conocimiento y una larga tradición en cuanto a cooperación, lo cual supone un pronóstico favorable a la hora de desarrollar un sistema global integrado basado en la utilización de biomasa como materia prima para la obtención de bioenergía y productos químicos, materiales, alimentos y piensos que de otra manera no podrían ser obtenidos.

El desarrollo de biorrefinerías permitirá instaurar nuevos conceptos empresariales que den respuesta a la creciente demanda, por parte de muchos sectores de la población y del sector privado, de innovaciones tecnológicas y soluciones sostenibles, que lleven implícito el ahorro energético y de recursos a la vez que procuran la protección del medio ambiente.

El sector químico español es el primer inversor industrial en I+D+i. Genera en España el 12,4% del Producto Industrial Bruto y 600.000 empleos directos, indirectos e inducidos<sup>68</sup>. Es, asimismo, el segundo mayor exportador de la economía española y el primer inversor en protección del medio ambiente. Las biorrefinerías favorecerían la creación de industria química basada en recursos biomásicos propios, autóctonos, cuyos productos darían respuesta a una demanda comercial estratégica, siempre y cuando sea económicamente viable.

<sup>68</sup> Radiografía del Sector Químico Español 2016. FEIQUÉ. Enlace: [http://www.feique.org/pdfs/Radiografia\\_Economica\\_del\\_sector\\_2016.pdf](http://www.feique.org/pdfs/Radiografia_Economica_del_sector_2016.pdf)

Por su parte, existe un gran potencial de desarrollo en torno a la industria biotecnológica española. Si bien hasta ahora la biotecnología sanitaria acumulaba el 60% de los nuevos productos en el mercado, mientras que la biotecnología industrial suponía el 26%<sup>69</sup>, con la implantación de las biorrefinerías la creación de nuevos productos derivados de la biomasa supondría un gran impulso para el sector biotecnológico, concretamente para el desarrollo de la biotecnología industrial. Este mercado emergente, en expansión, con elevado potencial de desarrollo de nuevos bioproductos y biocombustibles implica un amplio espectro de clientes potenciales.

La obtención de estos nuevos productos, que tradicionalmente proceden del petróleo, reduciría el consumo de recursos finitos y reportarían beneficios medioambientales a España.

La Comisión Europea ha apostado fuertemente por la transición hacia la economía circular estableciendo un programa de cero residuos en Europa<sup>70</sup> y la adopción en diciembre de 2015 de un paquete de medidas sobre economía circular<sup>71</sup>.

Estas medidas persiguen extraer el máximo valor y uso de todas las materias primas, productos y residuos, fomentando el ahorro energético y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. La reutilización de residuos biomásicos –producidos tanto por el sector primario, como por la población y la industria– para su utilización en las biorrefinerías encajaría perfectamente con dicha política contribuyendo a la transición hacia la economía circular a la par que se evitaría la penalización asociada a la generación y/o vertido de residuos.

El temprano posicionamiento de España y, por tanto, el liderazgo en iniciativas que fomentan la economía circular europea es muy importante para el continuo desarrollo de nuestra industria competitiva, capaz de crear empleo y generar crecimiento sostenible. El desarrollo de biorrefinerías, así como la investigación sobre nuevos procesos que tienen lugar en las mismas, permitirá obtener un conocimiento clave para lograr rápidos avances en nuevas tecnologías de aprovechamiento de biomasa, además de nuevos nichos de mercado. Esta transición culminaría en la obtención de bioenergía, alimentos y nuevos productos y materiales de alto valor añadido.

La sinergia de diferentes mercados –energéticos y de productos de alto valor añadido–, la existencia de empresas españolas ya introducidas en el sector de las bioindustrias y un sistema cooperativo muy desarrollado permitirán extrapolar el modelo empresarial actual al sector de las biorrefinerías. Además, el trabajo de las Plataformas Tecnológicas Españolas –como actores vertebradores de los diferentes sectores y conocedoras de los agentes clave implicados en el desarrollo de las biorrefinerías– proporciona un marco que favorece la interconexión, el *networking* y el alcance de altas posibilidades de cooperación.

En el periodo 2014-2020 se invertirán más de 3.700 millones de euros en el despliegue de la bioeconomía gracias a las grandes iniciativas europeas de colaboración público-privadas tales como la JTI de Bioindustrias<sup>72</sup> y la PPP SPIRE<sup>73</sup>. Esto hace presagiar un gran impulso a la implantación y desarrollo de los mercados basados en la utilización de biomasa como materia prima. Empresas multinacionales con fondos para invertir, el marco europeo presupuestario 2014-2020 y la alta implicación de los gobiernos

**De 2014  
a 2020 se  
invertirán más  
de 3.700 M€ en el  
despliegue de la  
bioeconomía**

<sup>69</sup> Informe ASEBIO 2013. Situación y tendencias del sector de la biotecnología en España. ASEBIO. Enlace: [http://www.asebio.com/es/documents/InformeASEBIO2013\\_web.pdf](http://www.asebio.com/es/documents/InformeASEBIO2013_web.pdf)

<sup>70</sup> COM(2014) 398 final. Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa. Enlace: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0009.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>71</sup> COM(2015) 614 final. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular. Enlace: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0011.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>72</sup> JTI de Bioindustrias. Enlace: <http://bbi-europe.eu>

<sup>73</sup> Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency (SPIRE) Public-Private Partnership (PPP). Enlace: [www.spire2030.eu](http://www.spire2030.eu)

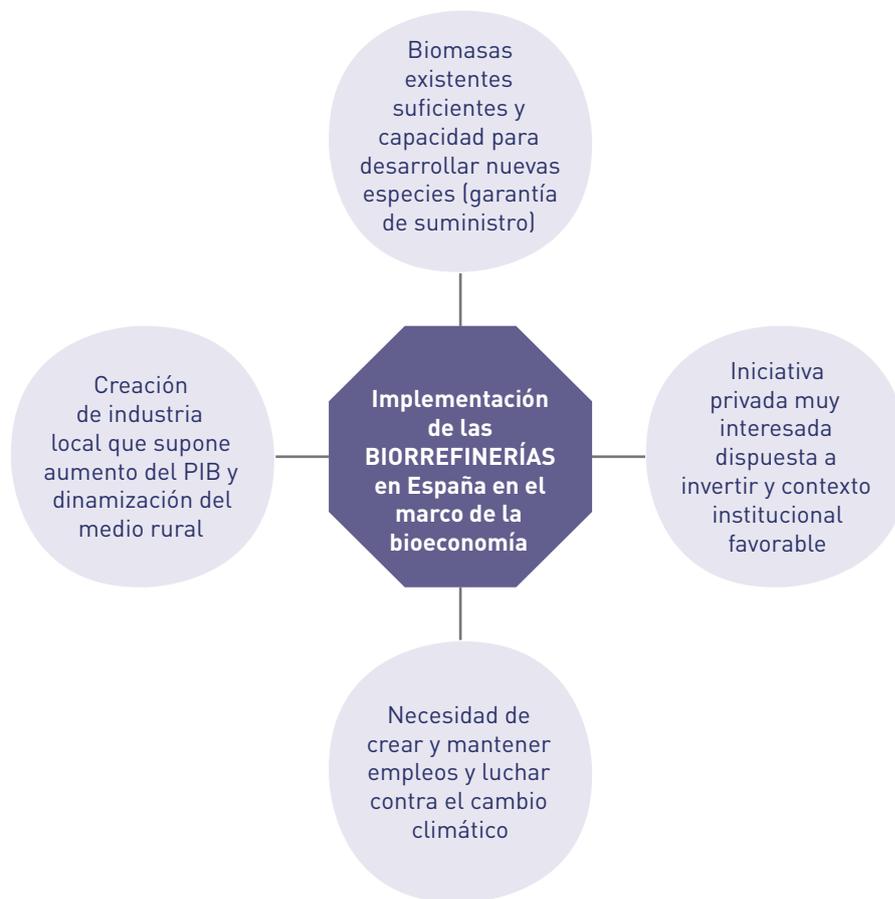
de los Estados miembros, mediante el desarrollo de nuevas políticas en torno a la economía circular y la bioeconomía, auguran un futuro prometedor a estas industrias, y España debe tomar una posición líder en la nueva era de las biorrefinerías.

Pero no sólo se están poniendo en marcha iniciativas europeas. En el ámbito nacional, durante 2015 se ha desarrollado la Estrategia Española de Bioeconomía: Horizonte 2030 que pretende aprovechar los avances que se están produciendo en distintos ámbitos para la mejora de la competitividad. Está previsto que a raíz de esta estrategia se desarrolle un Plan de Acción con medidas concretas para el desarrollo de la bioeconomía. En este contexto,

las biorrefinerías deben suponer un eje importante para alcanzar dichos objetivos. Por último, a escala regional, gracias a la estrategia de especialización inteligente (RIS3) las Comunidades Autónomas han elaborado sus respectivas estrategias plurianuales, incluyendo la bioeconomía entre las áreas a fomentar.

A modo de resumen, se podría concluir que los motivos por los que España tiene una posición estratégica para el desarrollo de las biorrefinerías son:

- I. En España existen recursos biomásicos de diversa naturaleza y más que suficientes (e históricamente infrautilizados) como para ser aprovechados y valorizados en cantidades industriales.**
- II. Existe gran potencial para el desarrollo y producción de cultivos específicos de biorrefinería en terrenos que actualmente se destinan a barbecho.**
- III. Existe una sólida y reconocida capacidad biotecnológica nacional para desarrollar material vegetal *ad hoc*, biocatalizadores (enzimas y microorganismos) y otros desarrollos específicos para los procesos industriales que lo requieran.**
- IV. Existe la necesidad de reindustrializar España, con especial interés sobre aquellas industrias cuya actividad fomente el desarrollo rural y garanticen la sostenibilidad medioambiental, a través de la creación de oportunidades que impliquen dinamización socioeconómica y vertebración territorial.**
- V. Existe la imperiosa necesidad de crear y mantener empleos asociados a modelos productivos innovadores, capaces de generar alto valor añadido garantizando un desarrollo sostenible y que contribuyan activamente a mitigar el cambio climático.**
- VI. Existe gran interés por parte de los agentes empresariales y por parte de los agentes científico-tecnológicos, tanto públicos como privados, en desarrollar industrias en las que se produzcan conjuntamente bioenergía/bicombustibles y otros bioproductos químicos/alimentarios.**
- VII. En Europa se apuesta decididamente por relocalizar la industria europea en el marco de la Unión y por generar modelos productivos que contribuyan a crear un entorno europeo regido por la bioeconomía y la economía circular. España está también contribuyendo a este nuevo modelo gracias al desarrollo de distintas estrategias (nacional y autonómicas).**



**Figura 14.** Argumentos estratégicos para la implementación de las biorrefinerías en España.



## 8.2 ¿CUÁL ES EL VALOR AÑADIDO INDUCIDO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA?

- ▶ Se valorizarían recursos biomásicos que actualmente no se aprovechan o están abandonados ocasionando gravísimos problemas medioambientales, como son incendios incontrolados, emisión de gases de efecto invernadero y contaminación diversa (de acuíferos, por plagas de insectos, entre otras).
- ▶ Se crearían nuevas oportunidades de desarrollo biotecnológico tanto a nivel científico-técnico como industrial. Asimismo, se pondrían en valor conocimientos aplicados en materia de ingeniería dado el carácter multidisciplinar de este tipo de instalaciones industriales.
- ▶ Se contribuiría a reindustrializar España. Determinadas industrias serían susceptibles de ser localizadas en áreas rurales del territorio, fomentando la dinamización socioeconómica de estas áreas rurales de manera efectiva y sostenida en el tiempo.
- ▶ Se crearían nuevos empleos asociados al suministro continuo de biomásas requerido por las industrias, para mantener una producción constante; así como en las propias industrias, para su operación y mantenimiento. Se generarían empleos de calidad asociados a un modelo productivo sostenible y de alto valor añadido.
- ▶ Emergerían nuevas oportunidades para los sectores biotecnológico, energético y químico (además de agrario, forestal, ganadero, alimentario y residuos, entre otros), cuyo interés radica en dar uso al inmenso potencial de biomásas que existe en España, favoreciendo el establecimiento de sinergias y creando nuevas vías de desarrollo de negocio.

- ▶ Se estaría evolucionando en la senda de la bioeconomía definida por la Unión Europea, con las ventajas competitivas para España que ello supondría.

El desarrollo industrial de las biorrefinerías en España debería enmarcarse en el contexto de la bioeconomía y la economía circular, como políticas clave para desarrollar una forma de crecimiento distinta, más inteligente y sostenible, tanto en España como en Europa. El aprovechamiento de las biomásas como recursos biológicos renovables ofrece grandes posibilidades al permitir nutrir a industrias como las biorrefinerías, capaces de dar respuesta de forma simultánea a la demanda de alimentos, energía, biocombustibles y otros bioproductos de alto valor añadido; a la vez que generan crecimiento económico y empleos en el territorio, mejoran la sostenibilidad económica y medioambiental de sectores primarios tales como la agricultura, la silvicultura y la ganadería entre otros, así como de sus industrias transformadoras. Además permitiría reducir la dependencia de los combustibles fósiles, contribuyendo a equilibrar la balanza comercial española (déficit estructural originado por las importaciones de productos energéticos) y a mitigar el cambio climático, lo cual constituye una obligación absolutamente ineludible e inaplazable.

Las biorrefinerías conforman industrias locales y clústeres capaces de promover una sociedad más innovadora y competitiva al utilizar de manera altamente eficiente los recursos biomásicos, conciliando aspectos esenciales para una población

**Se crearían  
nuevos empleos  
asociados al  
suministro continuo  
de biomásas**

en crecimiento exponencial como son la seguridad alimentaria con la seguridad energética y sin contribuir a acelerar el cambio climático.

Esta capacidad de dar respuesta a retos sociales tan interrelacionados como la seguridad alimentaria, la escasez de los recursos naturales, la dependencia de los recursos fósiles y el cambio climático, a la vez que se construye un crecimiento económico sostenible, hacen de las biorrefinerías un instrumento clave para contribuir al establecimiento de un verdadero sector productivo basado en la bioeconomía tanto en España como en Europa.

Para conseguir la implementación de las biorrefinerías en España se deben establecer políticas sólidas y coherentes que integren los intereses de los agentes implicados (sectores agrícolas, forestales, ganaderos, residuos, medio rural, biotecnología, bioquímica, energía, biocombustibles y medioambiente, entre otros), tanto de las distintas regiones de España como del país en su conjunto en relación a Europa. En particular España dispone de una elevada capacidad de producción de biocarburantes de primera generación (biodiésel y bioetanol) que presenta un claro potencial de reconversión, al menos

parcial, en biorrefinerías dada la compatibilidad de muchos de sus elementos. Con una apuesta decidida por la bioeconomía cuyas bases se mantengan estables a lo largo del tiempo, se fomentará la inversión privada en biorrefinerías y sus actividades asociadas (logística de biomásas, etc.), tanto en investigación como en desarrollos industriales y de mercados, tanto consolidados como nuevos.

Asimismo, se precisa un apoyo expreso de las administraciones públicas capaz de promover la conexión entre la investigación y la aplicación de los resultados, de fomentar la colaboración entre investigadores, innovadores, productores, usuarios finales, responsables políticos y sociedad civil, y de instrumentalizar los mecanismos político-administrativos necesarios que minimicen los trámites burocráticos y las barreras legislativas que puedan entorpecer un desarrollo óptimo de las biorrefinerías en España.



**Se precisa  
un apoyo  
expreso de las  
administraciones  
públicas**



## 8.3 RECOMENDACIONES FINALES. ¿CÓMO CREAR UN ENTORNO FAVORABLE PARA EL ESTABLECIMIENTO DE BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA?

- 1) Fomento de la inversión en investigación, innovación y capacitación**, con objeto de generar conocimiento sobre el universo de las biorrefinerías y transferirlo eficazmente al mercado. Las mejoras en las curvas de aprendizaje de las tecnologías implicarán avances sustanciales en su competitividad, permitiendo que las biorrefinerías constituyan alternativas económicamente viables a los sistemas de producción tradicionales. Para ello debe garantizarse una financiación sustancial de la I+D+i a escala europea, nacional y autonómica, que contemple como prioridad estratégica la implementación de biorrefinerías en el territorio. Asimismo, debe promoverse la inversión empresarial en biorrefinerías. Para ello deberán desarrollarse modelos público-privados idóneos que permitan financiar proyectos piloto y de demostración de diversas plataformas de biorrefinerías capaces de valorizar las biomásas autóctonas. También deberá promoverse el conocimiento de las biorrefinerías por parte de las entidades financieras privadas y de capital riesgo, con objeto de ampliar su oferta de productos financieros adaptados a este tipo de instalaciones industriales y de garantizar su complementariedad con instrumentos de financiación públicos. La necesidad de capacitación de personal, dadas las particularidades de esta disciplina, debe de ser una de las prioridades, no sólo desde el punto de vista de la formación de trabajadores en activo, sino en la capacitación de nuevos profesionales (programas académicos universitarios y de formación profesional).
- 2) Apoyo político decidido y compromiso por parte de los agentes interesados.** Debería instrumentalizarse<sup>74</sup> una Comisión Interministerial sobre la biomasa, conformada por los ministerios con competencias sobre el sector (industria, energía, medio rural, agricultura, residuos, medioambiente, empleo, etc.), en la que también intervinieran las Comunidades Autónomas con intereses en valorizar las biomásas presentes en su territorio y en generar oportunidades socioeconómicas para la ciudadanía. Desde esta Comisión se mejorarían las sinergias y la coherencia entre las políticas y actuaciones de los distintos ministerios y las autonomías, al mismo tiempo que se contribuiría sustancialmente a crear una sólida política bioeconómica en España, con fuerte vinculación con el territorio, el sector primario y los mercados de alto valor añadido. Esta Comisión debería diseñar una estrategia para maximizar la movilización de las biomásas nacionales, de manera que puedan ser valorizadas en biorrefinerías localizadas en diversas áreas geográficas. De esta forma, desde un plano local se contribuirá a afrontar los desafíos sociales que amenazan a las sociedades del siglo XXI a nivel global: la seguridad alimentaria, la seguridad energética y el cambio climático.
- 3) Mejora de la competitividad y optimización de los mercados asociados a las biorrefinerías** en el marco de la bioeconomía. Para ello resulta fundamental garantizar el suministro estable de biomásas a las biorrefinerías, por lo que se debe fomentar el establecimiento de un mercado consolidado de biomásas en España, al igual que los mercados que existen para otras *commodities*. Tanto la movilización de biomásas existentes como de otras biomásas de nueva creación (vía biotecnología) y de nueva implantación (vía cultivos) resultan clave, para lo cual debe actuarse sobre los ámbitos agrícola, forestal, ganadero, industrial y residuos. En todos los casos debe garantizarse una gestión sostenible de los recursos, haciendo uso de las herramientas existentes (tales como los sistemas de certificación forestales, por ejemplo) y, en el caso de biomásas procedentes de plantaciones, que éstas no compitan con plantaciones puramente alimentarias ni supongan un uso intensivo de *inputs* (agua, fertilizantes, etc.). También resulta clave promover la creación de las redes logísticas y cadenas de suministro que exigen las biorrefinerías, así como unas primeras instalaciones de biorrefinerías piloto y demo integradas y diversificadas en el territorio, capaces de absorber la cantidad de biomasa existente en España. Los *outputs* que se generan en las biorrefinerías son bioenergéticos y bioproductos, para los cuales debe garantizarse su demanda en los correspondientes mercados facilitando la elaboración de mecanismos normalizados de evaluación de sostenibilidad, la creación de etiquetas diferenciadoras y la compra pública innovadora. Asimismo, debe contribuirse a aumentar la competitividad a largo plazo de los nuevos sistemas productivos de las biorrefinerías en base a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, a minimizar las posibles limitaciones administrativas para la puesta en mercado de nuevos productos y a fomentar su internacionalización.

<sup>74</sup> En la línea de la ya propuesta y jamás ejecutada por la ORDEN PRE/472/2004, de 24 de febrero, por la que se crea la Comisión Interministerial para el aprovechamiento energético de la biomasa. Enlace: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2004-3635](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2004-3635).



# 9

## INICIATIVAS EN MARCHA EN ESPAÑA

Las biorrefinerías no son instalaciones totalmente nuevas, pues existen numerosos ejemplos de iniciativas en marcha en países del entorno de España, como puede ser el caso de Francia, país que ha apostado fuertemente por las biorrefinerías mediante la creación de Polos de Competitividad (o Clústers) con iniciativas tales como: *Pôle IAR de Bioraffinerie*<sup>75</sup> (Picardie-Champagne), *Eco Industries Poitou-Charantes*<sup>76</sup> o ARD en la región de Bazancourt Pomacle<sup>77</sup>.

Además de estos ejemplos, es preciso indicar que también en España, existe un interés claro por las biorrefinerías y ya existen entidades que están realizando proyectos de I+D+i en este ámbito. Este tipo de iniciativas cuando se lideran por empresas privadas, en general precisan de cierto apoyo ins-

titucional al menos en sus inicios. Puede destacarse el proyecto **CLAMBER**<sup>78</sup> (*Castilla-La Mancha Bio-Economy Region*), que sienta las bases para convertir a esta región en el referente del sur de Europa en el marco de la investigación relacionada con el aprovechamiento de la biomasa. Incluye la construcción de un Centro de Investigación, en el que se albergará una biorrefinería a escala planta piloto modular, versátil y con procesos innovadores.

A continuación se recogen algunos proyectos o iniciativas en marcha en España<sup>79</sup>. Algunas de estas iniciativas están cofinanciadas con fondos públicos (regionales, nacionales y/o europeos).

**En España existe un interés claro por las biorrefinerías**

**Las iniciativas en marcha que se exponen han sido facilitadas por los miembros de BIOPLAT y SusChem-España que han participado en la elaboración de este Manual. No se trata de un listado exhaustivo de todas las iniciativas existentes, sino de una muestra significativa de los proyectos y líneas de investigación sobre biorrefinerías desarrollados en España.**

<sup>75</sup> *Pôle IAR de Bioraffinerie*. Enlace: <http://www.iar-pole.com>

<sup>76</sup> *Eco Industries Poitou-Charantes*. Enlace: <http://eco-industries.poitou-charentes.fr>

<sup>77</sup> ARD. Enlace: <http://www.a-r-d.fr/ARD-filiales-et-partenaires-Bio-raffinerie-Recherches-et-Innovations-BRI-68.html>

<sup>78</sup> Proyecto CLAMBER. Enlace: <http://clamber.castillalamancha.es>

<sup>79</sup> Información suministrada por las entidades coordinadoras, responsables o participantes.

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>"BIOTABACUM" - Proyecto de desarrollo del cultivo y aprovechamiento energético de "Nicotiana tabacum".</b>	<b>Improving by-product output through sustainable and integrated closed loop biorefineries (Valor Plus).</b>	<b>Proyecto de Biorrefinería en Navarra</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	INNOTECHNO DEVELOPMENT, S.L.	The UK Health & Environment Research Institute	Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)
<b>Localización</b>	Murcia (localización de la planta demo)	Ámbito europeo (participan miembros de 6 países)	Navarra
<b>Programa de ayuda I+D</b>	Programa Nacional de Cooperación Público-Privada - subprograma INNPACTO (MINECO)	Séptimo Programa Marco (FP7-KBBE.2013.3.4-01)	Ayudas de I+D del Gobierno de Navarra
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Innotecno Development, S.L. Azahar Energy SA, Beta Renewable Group SL, Asoc. Investigación Industria Juguete, Conexas Y Afines (AIJU), Agencia Estatal Consejo Superior De Investigaciones Científicas (CSIC), Universidad De Murcia	Brunel University, Abengoa Research SL., Politecnico di Milano, Biobasic Environment SARL, Knauer GMBH, Asa Spezialenzyme GMBH, Vogelsbusch Biocommodities GMBH, ITENE, Fraunhofer, ASEBIO, Fundacion CARTIF, Beta Renewables Group S.L., Technische Universitaet München	Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (CNTA), Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA), Asociación de la Industria Navarra (AIN), Universidad Pública de Navarra (UPNA) y Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	nov-12 / oct-15	01-dic-13 / 30-nov-17	ene-14 / dic-15
<b>Escala</b>	Piloto Demostración	Piloto	Piloto Prototipo
<b>Materias primas</b>	Aceite vegetal extraído de la semilla de la planta de tabaco "Nicotiana Tabacum"	Biomasa lignocelulósica, glicerol crudo procedente de la fabricación de biodiésel	Residuos de cultivos lignocelulósicos de la región de Navarra (paja cereal, hortalizas, cultivos energéticos)
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Gran potencial de aplicación en los ámbitos de la medicina, productos farmacéuticos, alimentación del ganado y suplementos de alimentación de las aves de corral		Cama para ganado, formulación de piensos para ganado, aporte de materia orgánica para el suelo, otras no tienen uso actual
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de biogás</li> <li>• Plataforma de gas de síntesis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos</li> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de proteínas</li> </ul>
<b>Productos obtenidos</b>	Producto principal: Biodiésel. Subproducto: glicerina, gas de síntesis, biogás, bioenergía	Alcoholes y ácidos orgánicos	Bioetanol, furfural, bioproductos de alto valor añadido (ej. Tocoferoles, etc.)
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Mejor arranque en frío de los motores diésel		

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>Eco-friendly biorefinery fine chemicals from CO<sub>2</sub> photocatalytic reduction</b>	<b>NOSHAN - Sustainable Production of Functional and Safe Feed from Food waste</b>	<b>Adecuación de la fibra de fruta para diferentes aplicaciones tecnológicas</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Politécnico de Torino	LEITAT Technological Center	Empresa dedicada al procesado de fruta
<b>Localización</b>	Centre Tecnològic de la Química de Catalunya. C/ Marcel·lí Domingo, s/n. 43007 Tarragona	Bélgica, Alemania, España, Italia, Francia, Holanda, Turquía	Lérida
<b>Programa de ayuda I+D</b>	FP7-NMP-2012-SMALL-6, ref. 309701	Séptimo Programa Marco, Theme Knowledge Based Bio-Economy (KBBE)	CDTI
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Politecnico di Torino , Delft University of Technology, European Research Institute of Catalysis , Centre Tecnològic de la Química de Catalunya, Chemtex Italia SpA, Avantium Chemicals, Solaronix S.A., Repsol S.A., Catalonia Institute for Energy Research, IIT Istituto Italiano di Tecnologia	-IGV INSTITUT FÜR GETREIDEVERARBEITUNG GMBH -EKODENGE ENVIRONMENTAL ECONOMIC SOCIAL RESEARCH CONSULTANCY -ENGINEERING -BAUERNKASEREI WOLTERS GMBH - UCKERKAAS -VERTECH GROUP- -PROVALOR BV -AQON WATER SOLUTIONS GMBH -KNOWLEDGE INNOVATION MARKET SLU - KIM SLU -NUTRITION SCIENCES N.V. - NS -LEITAT TECHNOLOGICAL CENTER -FLEMISH INSTITUTE FOR TECHNOLOGICAL RESEARCH- VITO -UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA - UNIPR -THE INSTITUTE FOR AGRICULTURAL AND FISHERIES RESEARCH - ILVO	La empresa solicitante y Centro DBA (Universitat de Lleida)
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	01-dic-12 / 31-may-16	ago-12 / ene-16	jul-11 / jul-13
<b>Escala</b>	Laboratorio	Laboratorio Piloto Prototipo Demostración	Laboratorio Piloto
<b>Materias primas</b>	Energía solar y lignina	Subproductos de la industria alimentaria (frutas, hortalizas y productos lácteos)	Residuos sólidos provenientes de la fabricación de zumos de fruta
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>		Sin uso, o escasa valorización	Alimentación animal y procesos de compostaje (antes del proyecto indicado). En la actualidad la empresa está usando los nuevos productos como ingrediente alimentario
<b>Plataforma de biorrefinería</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos</li> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> <li>• Plataforma de proteínas</li> </ul>	• Plataforma de lignocelulosa
<b>Productos obtenidos</b>	Metanol, carbohidratos simples y monómeros como p-xileno	Piensos e ingredientes funcionales mejorados para piensos	Bioproductos
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>		Ingredientes funcionales de los piensos derivados de residuos alimentarios que se destinan a necesidades específicas de los animales, como el fomento de la salud o la prevención de enfermedades	Producto con propiedades tecnológicas mejoradas, retención de humedad, capacidad espesante e incluso gelificante según tipo de tratamiento, preparado a partir de un subproducto de bajo valor

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>Obtención de estólios funcionalizados a partir del aprovechamiento industrial de subproductos animales</b>	<b>Nuevo proceso de obtención de bioqueroseno compatible con procesos tradicionales de refinería</b>	<b>Producción de lípidos de valor energético con microalgas con CO2 industrial</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Empresa dedicada al procesado de material SANDACH	Compañía Española de Petróleos, SAU	Compañía Española de Petróleos, SAU
<b>Localización</b>	Provincia de Lérida	Centro de Investigación CEPSA. Alcalá de Henares (Madrid)	Centro de Investigación CEPSA. Alcalá de Henares (Madrid)
<b>Programa de ayuda I+D</b>	CDTI	CDTI	CDTI
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	La empresa solicitante y Centro DBA (Universitat de Lleida)		Universidad de Huelva, Centro de Investigación en Biotecnología Agroalimentaria (BITAL), Universidad de Cádiz
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	ene-13 / feb-15	14-feb-12/ 31-dic-13	ene-11 / ene-14
<b>Escala</b>	Laboratorio Piloto	Piloto	Piloto
<b>Materias primas</b>	SANDACH categoría 3, 120.000 t/año	Aceites Vegetales	Microalgas
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Grasas animales para consumo animal e industrial	Producción de FAME y HVO	Farmacéutica, cosmética
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos	• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos	• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos
<b>Productos obtenidos</b>	Bioproductos	Bioqueroseno	Biocombustible
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>		Producto exento de aromáticos y de origen bio frente al mineral	Como combustible su diferencia es el origen bio frente al mineral

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>Diésel Renovable Alternativo al Gasoil Convencional (DRAGO)</b>	<b>SW3: producción de aceites microbianos ricos en DHA</b>	<b>MicrobiOil 3.0: Producción de aceites microbianos de alto valor a partir de residuos agroindustriales</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Compañía Española de Petróleos, SAU	Neol Biosolutions, S.A.	Neol Biosolutions, S.A.
<b>Localización</b>	Centro de Investigación CEPESA. Alcalá de Henares (Madrid)	Granada (España)	Granada (España)
<b>Programa de ayuda I+D</b>	CDTI		FEDER-Interconnecta-BioAndalus (CDTI)
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Universidad de la Laguna (Tenerife), Instituto de Tecnología Química, CSIC-UPV (Valencia)		Abengoa Bioenergía Nuevas Tecnologías, AZVI, Biomedal, Canagrosa, DMC Research Center, Pevesa, Neol Biosolutions
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	01-feb-13 / ene-15	ene-14 / dic-15	01-ene-12 / 31-dic-15
<b>Escala</b>	Laboratorio	Piloto	Laboratorio
<b>Materias primas</b>	Biomasa lignocelulósica	Fuentes de carbono residuales, fuente de nitrógeno orgánico, sales minerales	Azúcares lignocelulósicos y/o Glicerina
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Industria papelera		Producción de etanol 2G; Industria Oleoquímica
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	• Plataforma de lignocelulosa	• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos	• Plataforma de lignocelulosa
<b>Productos obtenidos</b>	Aditivos para combustible diésel	Aceite rico en ácidos grasos poli-insaturados , ácido docosahexaenoico (DHA)	Aceites microbianos modificados y alcoholes grasos
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Mejora del número de cetano al ser añadido en una corriente de diésel mineral y disminución de la densidad de la mezcla final, por lo que es posible adicionar otras corrientes más pesadas y de menor valor	Origen no animal (apto para vegetarianos), producción controlada, libre de metales pesados, mayor % DHA en aceite	No competencia con la alimentación. Proceso más sencillo con menor inversión en CAPEX

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>Tribiplast: Producción de biopolímeros por fermentación</b>	<b>“Castilla-La Mancha Bio-Economy Region” (Proyecto CLAMBER)</b>	<b>Diseño y optimización de una biorrefinería sostenible basada en biomasa del olivar y de la industria del aceite de oliva: análisis tecno-económico y ambiental</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Neol Biosolutions, S.A.	Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha (IVICAM)	CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas)
<b>Localización</b>	Granada (España)	Puertollano (Ciudad Real)	Madrid
<b>Programa de ayuda I+D</b>	FEDER-Innterconecta-BiopolimA (CDTI)	Dispone de un presupuesto de 20M€ aportados por el Ministerio de Economía y Competitividad y por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y está cofinanciado con Fondos FEDER	Financiado por distintos proyectos del Plan Nacional I+D+i
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Abengoa Bioenergía Nuevas Tecnologías, Abengoa Research, Canagroza, Kimitec, Plasgen y WPT		CIEMAT Universidad de Jaén
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	abr-13 / ene-15	nov-14 / dic-15	Inicio de las actividades en 2006 en el marco de diferentes proyectos financiados por MINECO (Plan Nacional I+D+i) 2015/2018
<b>Escala</b>	Piloto Prototipo	Demostración	Laboratorio
<b>Materias primas</b>	Glicerina y ácidos grasos	Biomasa lignocelulósica y biomasa húmeda fermentable	Residuo de poda de olivo, orujillo, hojas
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Derivados oleoquímicos	Combustión para la biomasa lignocelulósica y vertedero o depuración para la húmeda fermentable	Actualmente la poda carece de aplicación industrial, el orujillo se puede usar en combustiones industriales, las hojas tienen empleo limitado para alimentación animal en áreas rurales
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos	• Plataforma de lignocelulosa • Plataforma de biogás	• Plataforma de lignocelulosa • Plataforma azúcares
<b>Productos obtenidos</b>	Biopolímeros	Bioetanol, biogás, bioplásticos, bioproductos de la fermentación de azúcares en general	Etanol, antioxidantes, oligosacáridos, lignina
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Biodegradabilidad, biocompatibilidad, biocompostabilidad		El proyecto plantea la integración de todos los residuos generados alrededor del cultivo y la industria del aceite de oliva en una biorrefinería flexible y multiproducto, con el bioetanol como producto principal. De esta forma se espera mejorar la gestión de dichos residuos, reducir su impacto medioambiental y contribuir a la viabilidad económica del proceso de producción de bioetanol

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>MySterI - Novel industrial bioprocesses for production of key valuable steroid precursors from phytosterol</b>	<b>WINESENSE - Research on extraction and formulation intensification processes for natural actives of wine</b>	<b>FASTSUGARS - Demostración de un proceso selectivo de transformación de biomasa en azúcares y compuestos químicos mediante reactores ultra rápidos en agua supercrítica</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	INBIOTEC	Universidad de Valladolid – Grupo de Procesos a Presión	Universidad de Valladolid – Grupo de Procesos a Presión
<b>Localización</b>		Valladolid	Valladolid
<b>Programa de ayuda I+D</b>	ERA NET ERA-IB	FP7-PEOPLE-2012-IAPP	MINECO - CTQ2013-44143-R
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	INBIOTEC, Gadea Biopharma (España); Pharmins Ltd. (Federación Rusa); Universidad de York (Reino Unido); Sintef (Noruega) y Universidad Técnica de Dortmund (Alemania)	Universidad de Valladolid, Instituto De Biología Experimental E Tecnológica, Feyecon Development & Implementation BV y Bodegas Matarromera	Universidad de Valladolid, REPSOL, Emilio Esteban harinera y PROSOL
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	01-dic-13 / 30-nov-16	2013 / 2017	2014 / 2017
<b>Escala</b>	Laboratorio Piloto	Laboratorio Piloto	Laboratorio Piloto
<b>Materias primas</b>	Aceites vegetales	Residuos de la industria del vino	Residuos de industria alimentaria, residuos de madera, residuos de industria del café y otros
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Producción de FAME, nutrición funcional	Generación energía, desecho	Alimentación animal, generación energía, desecho
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos	• Plataforma de lignocelulosa	• Plataforma de lignocelulosa
<b>Productos obtenidos</b>	Precusores esteroideos	Polifenoles y productos derivados	Azúcares hexosas y pentosas, glicolaldehído, gliceraldehído, ácidos y otros.
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Sustitución de proceso de síntesis química con mejoras en rentabilidad de proceso y de impacto ambiental	Biodegradabilidad, Biocompatibilidad, estabilidad	Menor cantidad de 5-HMF y otros compuestos degradados

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>FRACBIOFUEL - Fraccionamiento y despolimerización selectiva de biomasa lignocelulósica en agua sub y supercrítica a combustibles líquidos destinados a conversiones en destilados medios</b>	<b>CATHYCEL - Síntesis de catalizadores en dióxido de carbono supercrítico para la conversión selectiva de celulosa en compuestos químicos base commodities</b>	<b>CYCLALG -Una red de centros tecnológicos para desarrollar una biorrefinería a base de algas</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Universidad de Valladolid – Grupo de Procesos a Presión	Universidad de Valladolid – Grupo de Procesos a Presión	NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario
<b>Localización</b>	Valladolid	Valladolid	Vitoria-Gasteiz (Álava)
<b>Programa de ayuda I+D</b>	MINECO – ENE2012-33613	MINECO - CTQ2011-27347	Interreg POCTEFA 2014-2020
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Universidad de Valladolid, REPSOL	Universidad de Valladolid, REPSOL	CENER. FUNDACION CENER-CIEMAT (Navarra), TECNALIA. Fundación TECNALIA Research & Innovation (País Vasco), AIN. Asociación de la Industria Navarra (Navarra), APESA - ASSOCIATION POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SECURITE EN AQUITAINE (Francia), CATAR-CRITT Agrosources (Francia), NEIKER- Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	2012 / 2015	2011 / 2015	01-jun-2016 / 01-jun-2019
<b>Escala</b>	Laboratorio Piloto	Laboratorio Piloto	Laboratorio Piloto
<b>Materias primas</b>	Residuos de industria vitivinícola, residuos de madera de poda urbana, residuos de industria del café y otros	Celulosa, pentosas y hexosas	Subproductos resultantes de la obtención de aceite de microalgas, residuos agroalimentarios, glicerina cruda
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Generación energía, desecho	Alimentario, como recubrimiento, etc.	Subproductos de explotación de microalgas oleaginosas: escasa o nula valorización (piensos animales o metanización), residuos agroalimentarios (sin uso o con escasa valorización), glicerina cruda: industria químico-farmacéutica
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	• Plataforma de lignocelulosa	• Plataforma de lignocelulosa	• Plataforma de aceites vegetales y lípidos • Plataforma de azúcares • Plataforma de proteínas • Plataforma de biogás
<b>Productos obtenidos</b>	Biopolímeros de hemicelulosa, azúcares pentosas y hexosas, y otros	Polialcoholes derivados (polioles)	Hidrolizados proteicos + Hidrolizados azúcares, aminoácidos granulados, concentrados nutricionales ricos en azúcares para cultivo de microorganismos, fertilizantes, piensos, aceite-biodiésel, polioles, biomoléculas uso industria cosmética, metano
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Elevado peso molecular de hemicelulosa producto	Alta selectividad y posibilidad de síntesis en un solo paso con elevada eficacia	Los principales bioproductos consisten en concentrados proteicos y de azúcares que obtienen a partir del residuo algal (y de otros residuos agroalimentarios) con un amplio abanico de usos potenciales (incluyendo granulados de uso agrario o nutriente en procesos de microbiología industrial). Estos permite optimizar los flujos de materias primas, energías y residuos del proceso de cultivo de microalgas y mejorar la rentabilidad del proceso mediante la diversificación de bioproductos de elevado valor comercial

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>BIORRED. Biorrefinerías mediterráneas: nuevas aplicaciones</b>	<b>Biorrefinería del olivar: nuevas tecnologías y procesos para el desarrollo de productos innovadores del olivar</b>	<b>BIOREFINER: Biogas dry reforming: process intensification for energy</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	NATAC BIOTECH S.L.	INNOVAOLEO S.L.	Universidad de Zaragoza: Grupo de Catálisis, Separaciones Moleculares e Ingeniería de Reactores (CREG) / Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
<b>Localización</b>	Daimiel (Ciudad Real)	El Tejar, Benamejí, (Córdoba)	Zaragoza
<b>Programa de ayuda I+D</b>	Retos Colaboración 2015	INNFACTO 2011, RETOS COLABORACIÓN 2015	MINECO – ENE2013-43350-R
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Alvinesa Alcoholar Vinícola, Innovaoleo, Idoasis 2002, Universidad de Burgos, AINIA, IRTA C	Natac Biotech, Oleicola El Tejar SCA, Idoasis 2002, Laboratorios CINFA, Natac Pharma, Universidad Complutense, CARTIF Centro Tecnológico, Universidad de Sevilla	Universidad de Zaragoza, Yamaguchi University – Japan, Gas Natural SDG, AeH2, CEPISA Investigación, Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón [EPOs]
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	mar-2015 / dic-2017	feb-2011 / dic-2017	2014 / 2017
<b>Escala</b>	Laboratorio Piloto Prototipo Demostración	Laboratorio Piloto Prototipo Demostración	Laboratorio
<b>Materias primas</b>	Biomasa de la vid y el vino y otras biomásas agroalimentarias	Biomasa del olivar	Biogás
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Etanol y ácido tartárico	Aceite de orujo de oliva y bioenergía	
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceites vegetales y lípidos</li> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> <li>• Plataforma de biogás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceites vegetales y lípidos</li> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> <li>• Plataforma de biogás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de biogás</li> <li>• Plataforma de gas de síntesis</li> </ul>
<b>Productos obtenidos</b>	Ingredientes para alimentación humana, y aditivos para nutrición, animal, biofertilizantes, biogás	Ingredientes para industria farmacéutica, alimentación humana, cosmética, aditivos para nutrición animal y biogás	Hidrógeno Metanol Dimetiléter
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>		Nuevos bioproductos avalados con estudios preclínicos, estudios clínicos y estudios con animales de granja	Alta selectividad y rendimiento, con posibilidad de operar de forma estable con integración de operaciones de separación y/o regeneración de catalizadores en el mismo equipo (intensificación de procesos)

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>US4GREENCHEM -Combined Ultrasonic Sound and Enzyme treatment of Lignocellulosic Feedstock as Substrate for Sugar Based Biotechnological Applications <a href="http://www.us4greenchem.eu/">http://www.us4greenchem.eu/</a></b>	<b>BIOSYNCAUCHO- Desarrollo de un proceso de obtención de 1,3-butadieno a partir de biomasa</b>	<b>Obtención de productos de alto valor añadido a partir de glicerol</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Verein Zur Förderung des Technologietransfers der Hochschule Bremerhaven E.V. (TTZ)	Fundación Tecnalia Research & Innovation	Fundación Tecnalia Research & Innovation
<b>Localización</b>	Alemania, Finlandia, Italia, Holanda, España, Letonia, Lituania	País Vasco	País Vasco
<b>Programa de ayuda I+D</b>	BBI-JU	Fondos propios y capital privado	En el marco de diferentes proyectos financiados por el Gobierno Vasco, Ministerio de Ciencia e Innovación y fondos propios
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Verein Zur Förderung des Technologietransfers der Hochschule Bremerhaven E.V. (TTZ), Fundación Tecnalia Research & Innovation (TEC), UNIVersita Degli Studi di Torino (UNITO), Weber Ultrasonics GmbH (WU), Enviromental Systems GmbH (AE), Teknologian Tutkimuskeskus VTT (VTT), UAB BIOCENTRAS (BC), Latvijas Valsts Kokmsnes Kimijas Instituts (IWC), Feyecon Development & Implementation BV, Jowat AG	Fundación Tecnalia Research & Innovation, BIOSYNCAUCHO S.L.	Fundación Tecnalia Research & Innovation
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	jul-2015 / jul-2019	may-2013 / dic-2016	Inicio de las actividades en 2006 en el marco de diferentes proyectos financiados por el Gobierno Vasco, Ministerio de Ciencia e Innovación y fondos propios
<b>Escala</b>	Laboratorio Piloto	Laboratorio Piloto	Laboratorio Piloto
<b>Materias primas</b>	Residuos de álamo y paja cereal	Melazas	Glicerol crudo procedente de la fabricación de biodiésel
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Combustión, alimentación animal	Combustión, alimentación animal	
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	• Plataforma de lignocelulosa	• Plataforma de azúcares	• Plataforma de aceites vegetales y lípidos
<b>Productos obtenidos</b>	Bioproductos	1,3-Butadieno, 2,3-Butanodiol, Acetoina, MEK	Carbonato de glicerol, glicidol, polioles, poliuretanos, ácido láctico, ácido oxálico, glioxílico
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>			

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>REAH- Systemic approach to Reduce Energy demand and CO2 emissions of processes that transform agroforestry waste into High Added value Products</b>	<b>AERTO BIOECONOMY- Obtención de productos de alto valor añadido a partir de materias lignocelulósicas y algas</b>	<b>ALGALIMENTO-Desarrollo de una cadena de producción de microalgas marinas e hipersalinas y productos derivados orientada al mercado de la alimentación</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Fundación Tecnalia Research & Innovation	Fundación Tecnalia Research & Innovation	Instituto Tecnológico de Canarias
<b>Localización</b>	España, Italia, Finlandia, Alemania, Reino Unido, Francia, Bélgica	España, Finlandia, Alemania, Francia, Suecia, Noruega, Holanda	España
<b>Programa de ayuda I+D</b>	H2020-SPIRE-2016	Fondos propios	INNFACTO- PT-2011-1370-060000
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	Fundación Tecnalia Research & Innovation, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Universitaet Augsburg, FINANCIERA MADERERA SA, D'APPOLONIA SPA, COLLANTI CONCORDE SRL, FORESA INDUSTRIAS QUIMICAS DEL NOROESTE, RAMPF, Insight Publishers limited, Lafarge Centre de Recherche SAS, Bio Base Europe Pilot Plant VZW, NOVAMONT SPA, CROMOGENIA UNITS SA, BIOCHEMTEX SPA, BIOSYNCAUCHO S.L., Fundación CARTIF	Fundación Tecnalia Research & Innovation, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, CEA, Fraunhofer, Sintef, SP Technical Research Institute of Sweden, TNO	Instituto Tecnológico de Canarias, Fundación Tecnalia Research & Innovation, Universidad de Cádiz, Universidad de Sevilla, Satocan Desarrollos S.A., Bonny, Fundación Lidia García, Diasa Industrial
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	2016 / 2020	jun-2014 / jun-2016	nov-2011 / abr-2015
<b>Escala</b>	Piloto Demostración	Laboratorio	Laboratorio Piloto
<b>Materias primas</b>	Residuos agroforestales	Residuos agroforestales, algas	Microalgas
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Combustión		Biocombustibles
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceites vegetales y lípidos</li> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceites vegetales y lípidos</li> </ul>
<b>Productos obtenidos</b>	Superplastificantes, retardantes de llama, resinas biofenólicas, NIPUs	Bioproductos	Formulados alimentarios y aditivos
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>			

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	<b>Design and Manufacturing of Catalytic Membrane Reactors by developing new nano-architected catalytic and selective membrane materials</b>	<b>SPHERA. Soluciones a la producción de hidrógeno energético y reconversión asociada</b>	<b>USO INTEGRAL DE LA COLZA PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CON EFECTO INVERNADERO EN LA ACTIVIDAD AGRARIA</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Fundación Tecnalia Research & Innovation	GAS NATURAL	NEIKER-TECNALIA
<b>Localización</b>	San Sebastián	San Sebastián	Campus Agroalimentario de Arkaute, Álava
<b>Programa de ayuda I+D</b>	FP7	Programa Cenit- CDTI	LIFE (LIFE/ENV/ES/000590)
<b>Entidades miembros del consorcio</b>	VITO, UNIVERSITA DELLA CALABRIA, TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN, CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS, FhG-IKTS, BORESKOV INSTITUTE OF CATALYSIS, INERIS, RAUSCHERT KLOSTER VEILSDORF, CERPOTECH, HYBRID, HYGEAR, ABENGOA, GUASCOR, QUANTIS, HOGANAS, TOTAL PETROCHEMICALS	Fundación Tecnalia Research & Innovation, EDP, Ingeteam, Acciona	NEIKER-TECNALIA, CEMITEC, EGIBIDE
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	2011 / 2015	2007 / 2011	02-sep-2013 / 30-sep-2016
<b>Escala</b>	Laboratorio Piloto	Laboratorio Piloto	Demostración
<b>Materias primas</b>	Biomasa forestal	Biomasa forestal	Semilla de colza
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Generación de energía	Generación de energía	Biocombustible
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de gas de síntesis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de gas de síntesis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceites vegetales y lípidos</li> </ul>
<b>Productos obtenidos</b>	Gas de síntesis, biocombustible	Biocombustible (BioH <sub>2</sub> )	Aceite de colza y Torta prensada en frío
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Mejora de la eficiencia del proceso	Mejora de la eficiencia del proceso	Evaluación del impacto de la utilización del aceite de colza mezclado con diésel como combustible en maquinaria agrícola, y de la torta de colza en la formulación de concentrados para rumiantes

<b>NOMBRE DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>Procesos químicos y catalíticos para la obtención de productos químicos y combustibles a partir de biomasa</b>	<b>Catálisis y disolventes para procesos de biorrefinería sostenibles</b>	<b>Proceso integrado de la biorrefinería de aceite de jojoba</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	GRUPO DE CATÁLISIS, REACTORES Y CONTROL, UNIVERSIDAD DE OVIEDO	Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH). CSIC/Universidad de Zaragoza	Universidad Complutense de Madrid. Facultad Químicas. Dpto. Ing. Química
<b>Localización</b>	Oviedo	Zaragoza	España
<b>Programa de ayuda I+D</b>	Financiado por distintos proyectos del Plan Nacional I+D+i y del Plan Regional de Investigación	Convocatorias 2014 Proyectos de I+D "EXCELENCIA" y Proyectos de I+D+i "RETOS INVESTIGACIÓN (CTQ2014-52367-R)	
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	Se trabaja en esta temática desde 2007. Se trata de una línea de investigación estable del grupo	ene-16 / dic-18	
<b>Escala</b>	Laboratorio Piloto	Laboratorio	Laboratorio
<b>Materias primas</b>	Principalmente rechazos lignocelulósicos de la planta de gestión de residuos urbanos de Cogersa (Asturias). una parte de los estudios se realiza con compuestos modelo (furfural, hmf, etanol)	Aceites y materiales lignocelulósicos	Aceite de jojoba
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Vertedero		
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos</li> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos</li> </ul>
<b>Productos obtenidos</b>	Bioproductos (butanol, foronas e isofofonas, hidrocarburos tipo diésel, etc.)	Bioproductos y biodisolventes	Alcoholes insaturados con actividad farmacológica, biodiésel, productos biodegradables de la industria Química (Biodisolventes, biolubricantes, líquidos dieléctricos)
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>		En el caso de los disolventes, menor volatilidad, toxicidad, precio y propiedades como viscosidad o puntos de ebullición	

<b>NOMBRE DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>Proceso integrado de la biorrefinería de la biomasa de microalgas</b>	<b>Aplicación de procesos químicos y enzimáticos a la valorización de biomasa</b>	<b>Búsqueda de nuevas feruloil esterases y cócteles enzimáticos lignocelulolíticos de aplicación industrial</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Universidad Complutense de Madrid. Facultad Químicas. Dpto. Ing. Química	CENTRO DBA, UNIVERSIDAD DE LLEIDA	INBIOTEC, Instituto de Biotecnología de León
<b>Localización</b>	España	Lleida	León
<b>Programa de ayuda I+D</b>		Financiado por distintos proyectos del Plan Nacional I+D+i, de CDTI y de Retos Colaboración	Financiado por proyectos del Plan Nacional I+D+i y regionales
<b>Puesta en marcha / finalización</b>		Se trabaja en esta temática desde el año 2000. Es una línea estable del grupo	El grupo trabaja en esta línea de investigación desde el año 2010. Se espera continuar con esta línea más allá del 2016
<b>Escala</b>	Laboratorio	Laboratorio Piloto (5 kg)	Laboratorio Piloto
<b>Materias primas</b>	Biomasa de microalgas	Principalmente fibras residuales de procesos agroalimentarios y materiales de tipo SANDACH	Materiales lignocelulósicos
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>		Compostaje, incineración y alimentación para animales de compañía	
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aceite vegetal y otros lípidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de aceites vegetales y otros lípidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> </ul>
<b>Productos obtenidos</b>	Biodiésel, productos biodegradables de la industria Química, Productos de alto valor añadido de uso potencialmente farmacológico, producto sólido residual para la industria ganadera y agropecuaria	Bioproductos (ingredientes alimentarios, materiales de transferencia de fase, productos para curtición, etc)	Cócteles enzimáticos lignocelulolíticos Feruloil esterases
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>		Ingrediente alimentario: buena capacidad de retención de agua, PCM: alta capacidad de almacenaje de energía térmica Producto de curtición: sustituto de compuestos de origen fósil	Cócteles enzimáticos con mayor actividad feruloil esterasa

<b>NOMBRE DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>Utilización de recursos naturales alternativos para la obtención de productos químicos y energía</b>	<b>Productos saludables y de alto valor añadido a partir de materias primas renovables</b>	<b>Intensificación de procesos mediante implementación de nuevas tecnologías para revalorización de materias primas y residuos.</b>
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Grupo de Procesos a Alta Presión, Universidad de Valladolid	Grupo de Procesos a Alta Presión, Universidad de Valladolid	Grupo de Procesos a Alta Presión, Universidad de Valladolid
<b>Localización</b>	Valladolid	Valladolid	Valladolid
<b>Programa de ayuda I+D</b>	Plan Nacional, Proyectos Europeos	Plan Nacional, Proyectos Europeos	Plan Nacional, Proyectos Europeos
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	Desde 2010 hasta la actualidad	Desde 1998 hasta la actualidad	Desde 2005
<b>Escala</b>	Laboratorio y piloto (agua subcrítica y supercrítica)	Laboratorio y piloto	Laboratorio y piloto (microondas y ultrasonidos)
<b>Materias primas</b>	Excedentes de lignocelulósicos y productos alimentarios	Residuos de la industria del vino	Residuos lignocelulósicos y del vino
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Desecho, alimentación animal, etc.	Desecho, energía	Desecho, energía
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	• Plataforma de lignocelulosa	• Plataforma de lignocelulosa	• Plataforma de lignocelulosa
<b>Productos obtenidos</b>	Energía, azúcares pentosas y hexosas, polioles, aldehídos, ácidos, etc.	Polifenoles de alta calidad	Polifenoles de alta calidad
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Gran selectividad en la reacción	Gran selectividad de la extracción, formulación y separación	Se investiga en la intensificación de procesos con el objeto de minimizar el consumo energético, acortar los tiempos de extracción y maximizar rendimientos de extracción

<b>NOMBRE DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamientos alternativos para la mejora del rendimiento de la operación de hidrólisis enzimática de biomasa residual lignocelulósica para la obtención de bioetanol. Pretratamiento con microondas e impregnación a vacío	Desarrollo de metodologías de pretratamiento y extracción de subproductos alimentarios	Elaboración de bioplásticos degradables a partir de la fracción sólida de los residuos domésticos
<b>Nombre de la entidad coordinadora o responsable</b>	Universitat Politècnica de València. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo	Universitat Politècnica de València. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo	NEIKER Entidades colaboradoras: EKOLBER, DDFF, Mancomunidad Alto Deba
<b>Localización</b>	Valencia	Valencia	País Vasco
<b>Programa de ayuda I+D</b>	Programa Gerónimo Forteza GVA y FPI-UPV		Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco
<b>Puesta en marcha / finalización</b>	2008 / en curso	2006 / en curso	2017 / 2020
<b>Escala</b>	Laboratorio	Laboratorio	Semi-industrial
<b>Materias primas</b>	Residuos de la industria agroalimentaria, en particular de piña, cítricos, judías y alcachofa	Subproductos de la industria alimentaria, en particular hortofrutícolas (cítricos, uva, caqui, endivias, piña, melocotón, etc..) y estevia	RSU
<b>Uso actual de materia prima en la industria</b>	Desecho, alimentación animal, fertilizante	Residuos, piensos	Vertido, compostaje, incineración
<b>Plataforma de biorrefinería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de lignocelulosa</li> <li>• Plataforma de azúcares</li> <li>• Plataforma de proteínas</li> </ul>
<b>Productos obtenidos</b>	Azúcares fermentables para obtención de bioetanol	Ingredientes alimentarios	Bioplásticos y/o termoplásticos
<b>Propiedades mejoradas del bioproducto respecto a los productos actuales</b>	Incremento del rendimiento enzimático, reducción de los costes de pretratamientos, mejora del rendimiento de la etapa de hidrólisis enzimática en diversos residuos agroindustriales	Mejores rendimientos y calidad derivados del uso de metodologías alternativas	Degradabilidad a la carta en función de las matrices combinadas, coste de producción al nivel del plástico convencional, versatilidad en cuanto a flexibilidad y dureza



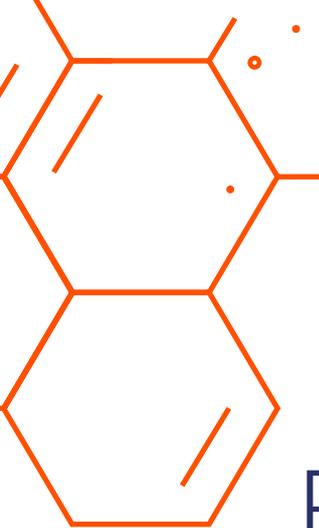


10.

# GLOSARIO

<b>ABE</b>	Acetona-butanol-etanol
<b>AFEX</b>	Explosión por amoníaco ( <i>Ammonia Fibre/freeze Explosion</i> )
<b>BEI</b>	Bioeconomy Institute (Iowa University)
<b>Bio-DME</b>	Bio-dimetiléter
<b>BIOPLAT</b>	Plataforma Tecnológica Española de Biomasa para la Bioeconomía
<b>BtL</b>	Biomasa a líquido ( <i>Biomass to Liquid</i> )
<b>CDE</b>	Explosión por CO <sub>2</sub> ( <i>Carbon Dioxide Explosion</i> )
<b>CE</b>	Comisión Europea
<b>CMC</b>	Carboximetilcelulosa
<b>COP21</b>	XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático de París
<b>DAL</b>	Distribución alimentaria
<b>DDGS</b>	Granos secos de destilería con solubles ( <i>Dried Distillers Grains with Solubles</i> )
<b>ECN</b>	Energy Research Centre of the Netherlands
<b>EDAR</b>	Estación depuradora de aguas residuales
<b>EV</b>	Explosión por vapor ( <i>Steam Explosion</i> )
<b>FAEE</b>	Ésteres etílicos de ácidos grasos ( <i>Fatty Acid Ethyl Esters</i> )
<b>FAME</b>	Ésteres metílicos de ácidos grasos ( <i>Fatty Acid Methyl Esters</i> )
<b>FDA</b>	Ácido 2,5-furandicarboxílico ( <i>2,5-furandicarboxylic acid</i> )
<b>FORSU</b>	Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos
<b>HEFA</b>	Ésteres y ácidos grasos hidrotratados ( <i>Hydro-processed Esters and Fatty Acids</i> )

<b>HVO</b>	Aceite vegetal hidrotratado ( <i>Hydrotreated Vegetable Oil</i> )
<b>kW</b>	kilowatios
<b>LHW</b>	Pretratamiento con agua caliente ( <i>Liquid Hot Water</i> )
<b>HORECA</b>	Hoteles, restaurantes y catering
<b>IDAE</b>	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
<b>IEA</b>	Agencia Internacional de la Energía ( <i>International Energy Agency</i> )
<b>MAPAMA</b>	Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente
<b>MEIC</b>	Ministerio de Economía, Industria y Competitividad
<b>MINETAD</b>	Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital
<b>NNFCC</b>	National Non-Food Crop Centre (UK)
<b>NREL</b>	National Renewable Energy Laboratory
<b>RTIL</b>	Líquidos iónicos a temperatura ambiente ( <i>Room Temperature Ionic Liquids</i> )
<b>tep</b>	Tonelada equivalente de petróleo
<b>TRL</b>	Nivel de madurez tecnológica ( <i>Technology Readiness Level</i> )
<b>SANDACH</b>	Subproductos Animales No Destinados al Consumo Humano
<b>SC-CO<sub>2</sub></b>	CO <sub>2</sub> supercrítico
<b>SusChem-España</b>	Plataforma Tecnológica Española de la Química Sostenible
<b>US-DOE</b>	United States Department of Energy
<b>VAB</b>	Valor añadido bruto
<b>VER</b>	Vertederos



11

# BIBLIOGRAFÍA

**ARD.**

<http://www.a-r-d.fr/ARD-filiales-et-partenaires-Bio-raffinerie-Recherches-et-Innovations-BRI-68.html>

**Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón (ASPAPEL).**

**Asociación Europea de Innovación EIP de Agricultura Productiva y Sostenible.**

Enlace: <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/eip-agricultura-productiva-sostenible>

**Avance Anuario de Estadística Forestal 2012. MAPAMA.**

Enlace: [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/AVANCE\\_2012\\_VERSIONWEB\\_tcm7-215492.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/AVANCE_2012_VERSIONWEB_tcm7-215492.pdf)

**Balance económico de la actualización de las retribuciones a la producción eléctrica a partir de las biomásas. APPA.**

Enlace: [http://www.appa.es/descargas/ESTUDIO\\_AFI-APPA.PDF](http://www.appa.es/descargas/ESTUDIO_AFI-APPA.PDF)

**Biorefineries Roadmap as part of the German Federal Government action plans for the material and energetic utilisation of renewable raw materials.**

Enlace: [https://www.bmbf.de/pub/Roadmap\\_Biorefineries\\_eng.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Roadmap_Biorefineries_eng.pdf)

**Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries. Ed de Jong, Gerfried Jungmeier.**

Enlace: [http://www.iea-bioenergy/task42-biorefineries.com/upload\\_mm/6/e/0/9/b/f/b/789-46af-4eae-a8bb-b7427fce46e4\\_de%20Jong%202015%20Biorefinery%20Concepts%20in%20Comparison%20to%20Petrochemical%20Refineries%20Book%20Chapter.pdf](http://www.iea-bioenergy/task42-biorefineries.com/upload_mm/6/e/0/9/b/f/b/789-46af-4eae-a8bb-b7427fce46e4_de%20Jong%202015%20Biorefinery%20Concepts%20in%20Comparison%20to%20Petrochemical%20Refineries%20Book%20Chapter.pdf)

**COM(2012) 60 final. La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa.**

Enlace: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0060:FIN:ES:PDF>

**COM(2014) 398 final. Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa.**

Enlace: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0009.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF)

**COM(2015) 614 final. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular.**

Enlace: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0011.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF)

**Consortio de Bioindustrias (BIC).**

Enlace: <http://biconsortium.eu/about/>

**Convocatoria 2014 de la JTI de Bioindustrias.**

Enlace <http://biconsortium.eu/call-2014>

**COP21.**

Enlace: <http://www.cop21paris.org/>

**Diccionario de Química y de Productos Químicos. Hawley.****Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.**

Enlace: <https://www.boe.es/doue/2009/140/L00016-00062.pdf>

**Eco Industries Poitou-Charantes.**

Enlace: <http://eco-industries.poitou-charentes.fr>

**El sector de la bioenergía en España. BIOPLAT.**

Enlace: [http://www.bioplat.org/setup/upload/modules\\_docs/content\\_cont\\_URI\\_3886.pdf](http://www.bioplat.org/setup/upload/modules_docs/content_cont_URI_3886.pdf)

**El sector del biogás agroindustrial en España. MAPAMA.**

Enlace: [http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/docbiogasversion21-09-2010\\_tcm7-5925.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/docbiogasversion21-09-2010_tcm7-5925.pdf)

**Estrategia Española de Bioeconomía: Horizonte 2030. MEIC.**

Enlace: <http://bioeconomia.agripa.org/download-doc/102163>

**Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020. MEIC.**

Enlace: [http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia\\_espanola\\_ciencia\\_tecnologia\\_Innovacion.pdf](http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia_espanola_ciencia_tecnologia_Innovacion.pdf)

**Europa 2020: la estrategia de la Unión Europea para el crecimiento y la ocupación.**

Enlace: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=URISERV:em0028&from=ES>

**Eurostat.**

Enlace: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)

**Evaluación del Potencial de energía de la biomasa. IDAE.**

Enlace: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e14\\_biomasa\\_A\\_8d51bf1c.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf)

**F Cherubini et al. Toward a common classification approach for biorefinery systems. Biofuels, Bioproducts and Biorefinery 3: 534-546 (2009).****G.W Huber, S. Iborra, A. Corma, "Synthesis of Transportation Fuels from Biomass: Chemistry, Catalysts, and Engineering", Chem Rev 2006 106 4044-4098.**

**IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery. Agencia Internacional de la Energía.**

Enlace: [http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure\\_Totaal\\_definitief\\_HR\\_opt.pdf](http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure_Totaal_definitief_HR_opt.pdf)

**IEA Bioenergy: T42: 2009:01. Biorefineries: adding value to the sustainable utilisation of biomass. Agencia Internacional de la Energía.**

Enlace: <http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Task-42-Booklet.pdf>

**Informe 2011 sobre el estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en España. MAPAMA.**

Enlace: [http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/iepnb\\_2011\\_tcm7-264661.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/iepnb_2011_tcm7-264661.pdf)

**Informe ASEBIO 2013. Situación y tendencias del sector de la biotecnología en España. ASEBIO.**

Enlace: [http://www.asebio.com/es/documents/InformeASEBIO2013\\_web.pdf](http://www.asebio.com/es/documents/InformeASEBIO2013_web.pdf)

**J. Bozell, G.R. Petersen, "Technology developments for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates", Green Chemistry 2010 12 539-554.**

**JTI de Bioindustrias.**

Enlace: <http://bbi-europe.eu>

**Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.**

Enlace: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/07/21/pdfs/BOE-A-2015-8146.pdf>

**Mapa interactivo de biorrefinerías de EE.UU.**

Enlace: <http://energy.gov/eere/bioenergy/maps/map-integrated-biorefineries>

**Marco sobre clima y energía para 2030. Comisión Europea.**

Enlace: [http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index_es.htm)

**ORDEN PRE/472/2004, de 24 de febrero, por la que se crea la Comisión Interministerial para el aprovechamiento energético de la biomasa.**

Enlace: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2004-3635](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2004-3635)

**Paquete sobre la economía circular: preguntas y respuestas. Comisión Europea.**

Enlace: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-15-6204\\_es.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_es.htm)

**Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020. MINETAD.**

Enlace: <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Paginas/Paner.aspx>

**Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2013-2020.**

Enlace: [http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan\\_Estatal\\_Inves\\_cientifica\\_tecnica\\_innovacion.pdf](http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan_Estatal_Inves_cientifica_tecnica_innovacion.pdf)

**Pôle IAR de Bioraffinerie.**

Enlace: <http://www.iar-pole.com>

**Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020. MAPAMA.**

Enlace: <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/programas-ue/periodo-2014-2020/programas-de-desarrollo-rural/programa-nacional/>

**Programa Nacional de Innovación e Investigación Agroalimentaria y Forestal. Documento Estratégico. Enero 2015. MAPAMA.**

Enlace: [http://www.idi-a.es/sites/default/files/magrama\\_programa\\_nacional\\_de\\_innovacion\\_e\\_investigacion\\_agroalimentaria\\_y\\_forestal\\_0.pdf](http://www.idi-a.es/sites/default/files/magrama_programa_nacional_de_innovacion_e_investigacion_agroalimentaria_y_forestal_0.pdf)

**Proyecto CLAMBER.**

Enlace: <http://clamber.castillalamancha.es>

**PSE Probiogás.**

Enlace: <http://www.probiogas.es>

**Radiografía del Sector Químico Español 2016. FEIQUE.**

Enlace: [http://www.feique.org/pdfs/Radiografia\\_Economica\\_del\\_sector\\_2016.pdf](http://www.feique.org/pdfs/Radiografia_Economica_del_sector_2016.pdf)

**Real Academia Española.**

Enlace: <http://www.rae.es>

**S.N. Naik, Vaibhav V. Goud, Prasant K. Rout, Ajay K. Dalai. Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 578-597.**

**Sánchez, J., Esteban, B., Checa, M., Aguado, P.L., Curt, M.D., Fernández, J. 2008. Assessment of the available land for energy crops in Spain by means of GIS at a local scale. 16th European Biomass Conference & Exhibition. Valencia, Spain. p. 314-317. ISBN 88-89407-58-1.**

**Situación y potencial de generación de biogás. IDAE.**

Enlace: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e16\\_biogas\\_db43a675.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e16_biogas_db43a675.pdf)

**Situación y potencial de valorización energética directa de residuos. IDAE.**

Enlace: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e15\\_residuos\\_c3ead071.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e15_residuos_c3ead071.pdf)

**Star-COLIBRI project (241535-FP7). Background information and biorefinery status, potential and sustainability (2010).**

Enlace: [https://www.researchgate.net/publication/254848033\\_Background\\_information\\_and\\_biorefinery\\_status\\_potential\\_and\\_Sustainability\\_Task\\_212\\_Market\\_and\\_Consumers\\_Carbohydrates](https://www.researchgate.net/publication/254848033_Background_information_and_biorefinery_status_potential_and_Sustainability_Task_212_Market_and_Consumers_Carbohydrates)

**Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency (SPIRE) Public-Private Partnership (PPP).**

Enlace: [www.spire2030.eu](http://www.spire2030.eu)

**Technology Roadmap. Bioenergy for Heat and Power. Agencia Internacional de la Energía.**

Enlace: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-bioenergy-for-heat-and-power-.html>

**The Biorefinery Complexity Index. Gerfried Jungmeier.**

Enlace: [http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload\\_mm/6/2/f/ac61fa53-a1c0-4cbc-96f6-c9d19d668a14\\_BCI%20working%20document%2020140709.pdf](http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/6/2/f/ac61fa53-a1c0-4cbc-96f6-c9d19d668a14_BCI%20working%20document%2020140709.pdf)

**Valery B. Abor, Nazim Cicek, Richard Sparling, Alex Berlin, David B. Levin (2011): Biomass pretreatment: Fundamentals toward application. Biotechnology Advances 29 (2011) 675-685.**

**Vision. Bio-based Industries Consortium (BIC).**

Enlace: <http://biconsortium.eu/about/our-vision>

