

Bioeconomía: el diseño de un cambio de rumbo

María Victoria Mestre

Doctora en Economía. Área de Estudios y Análisis del Consejo Económico y Social

Los retos que afronta actualmente el orden mundial, relacionados con el crecimiento demográfico, el agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático, hacen necesarios, tanto la adopción de nuevas vías para garantizar un crecimiento sostenible, como el uso eficiente de los recursos naturales (DOCE 2017/C 306/07). Este es precisamente el objetivo de la denominada “bioeconomía”, entendida como el conjunto de actividades relacionadas con el desarrollo, producción y utilización de productos y procesos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y flujos de residuos en otros de valor añadido, bioproductos y bioenergía. Los sectores e industrias implicados se caracterizan por un fuerte potencial innovador, el uso intensivo de nuevas tecnologías y el impulso de conocimiento tácito y local (COM(2012) 60 final). Este modelo representa una pieza clave en el ámbito de la economía circular, sostenible e hipocarbónica, cuyo objetivo es mantener el valor de los productos, materiales y recursos en el ciclo económico durante el mayor tiempo posible, y reducir al mínimo la generación de residuos. En este sentido, fomenta la utilización eficiente de los recursos biológicos a través de medidas orientadas a la utilización en cascada de la biomasa y el apoyo a la innovación (COM(2015) 614 final).

Pese a su reciente aparición en los programas y políticas públicas internacionales, la bioeco-

nomía no es un concepto nuevo. Georgescu-Roegen, considerado padre de la “economía ecológica” (o bioeconomía), desde la afirmación de que “la economía debe ser una rama de la biología interpretada de forma amplia”, y ante la previsión de que en un futuro el crecimiento económico no estará condicionado por la disponibilidad energética, dada la existencia de fuentes renovables, sino más bien por la escasez de materiales, dio pie en 1975 a la integración de los sistemas naturales en la actividad económica (Georgescu-Roegen, N. 1975).

Desde 2012 se han desarrollado en todo el mundo estrategias orientadas a la implantación de la bioeconomía. Y aunque en términos de gobernanza y desarrollo institucional no existe un modelo único, pueden identificarse como esenciales tanto las condiciones regionales (disponibilidad de recursos naturales, nivel de explotación económica, desarrollo de cadenas de valor, existencia de entorno innovador), como las decisiones estratégicas adoptadas por los agentes locales en los ámbitos ciencia y tecnología, producción primaria, infraestructuras industriales, demanda y sistemas de incentivos, hábitos de consumo y concienciación, cultura, política y legislación.

Para garantizar su éxito parece clave mejorar la coordinación de las distintas políticas y nive-



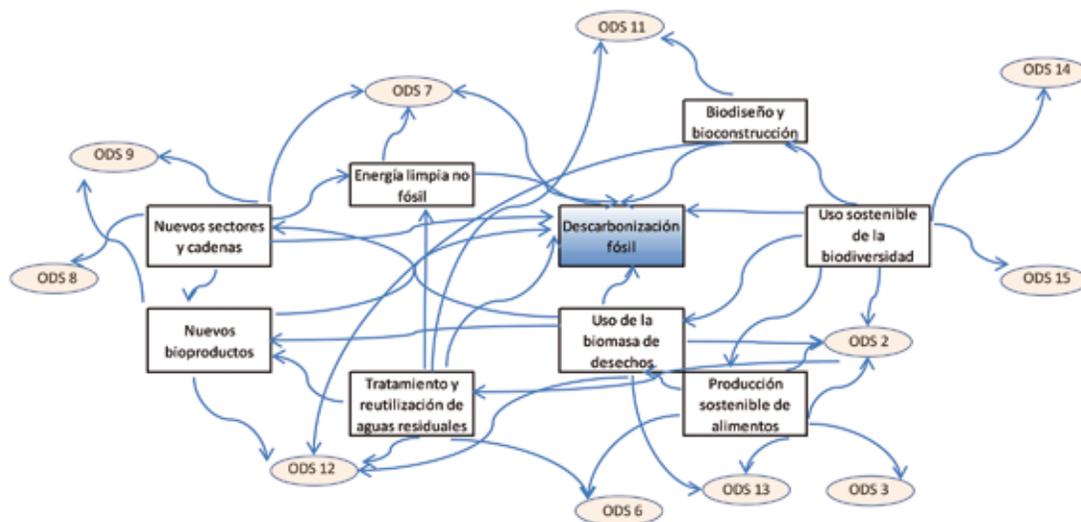
les de gobernanza, en particular respecto a las condiciones marco reglamentarias, dado que los Estados miembros europeos aplican actualmente diferentes normas para el uso de la biomasa como punto de partida de las cadenas de valor de la bioeconomía. Igualmente, muchos de los productos finales de la bioeconomía son tratados de manera diferente en los distintos Estados miembros. En este sentido, sería necesario armonizar y simplificar la legislación, con arreglo a los principios de subsidiariedad y proporcionalidad (DOCE 2017/C 306/07). Por tanto, para que se convierta en una fuerza conductora clave en el avance hacia una economía circular, es preciso adoptar un enfoque internacional e intersectorial sistémico, donde el diálogo facilite una comprensión integral y compartida del concepto, definiendo de forma holística los recursos biológicos y contemplan-

do las características y ventajas de los mismos, como su potencial para la resiliencia, su renovabilidad, capacidad de reutilización, multifuncionalidad y neutralidad de carbono (Cumbre Mundial Bioeconomía 2015).

La bioeconomía proporciona un marco conceptual para el desarrollo de políticas orientadas a afrontar los grandes retos sociales vinculados al desarrollo sostenible y contemplados desde esta perspectiva en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015). En primer lugar representa una alternativa real para la descarbonización de la economía, y puede desempeñar un papel fundamental en la acción climática, en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13-Combatir el cambio climático, aunque su contribución en el ámbito de los ODS puede ir mucho más allá. Además, contribuye a

Foto: Álvaro López.

Gráfico 1. Bioeconomía y agenda de desarrollo 2030



Fuente: Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), *Bioeconomía para América Latina y El Caribe. Contexto global y regional y perspectivas* (noviembre 2017).

la especialización inteligente de los territorios, al impulso de la innovación y el cambio estructural con un enfoque sostenible, potenciando políticas de desarrollo rural. Y puesto que se fundamenta en los recursos biológicos, aporta una perspectiva para la descarbonización de la economía basada en recursos fósiles. En el marco de la Agenda 2030, este enfoque favorece la producción sostenible de alimentos (ODS 2), la generación de energía sostenible (ODS 7), el impulso de nuevas formas de empleo digno (ODS 8), el de la industria y la innovación (ODS 9), nuevas formas de producción y consumo responsables (ODS 11), o el uso sostenible de la biodiversidad (ODS 14 y 15) (gráfico 1).

Las instituciones europeas han adoptado este nuevo enfoque a través de la Estrategia Europea de Bioeconomía (COM(2012) 60 final), cuyo objetivo es “la producción y comercialización de alimentos, productos forestales, bioproductos y bioenergía, obtenidos mediante transformaciones físicas, químicas, bioquímicas o biológicas de la materia orgánica no destinada al consumo humano o animal, que impliquen procesos respetuosos con el medio ambiente y el desarrollo de los entornos rurales” (Ministerio de Economía y Competitividad, marzo 2016). La EEB establece para ello mecanismos capaces de garantizar la seguridad alimentaria, gestionar de forma sostenible los recursos naturales, atenuar y mejorar la adaptación al cambio climático, manteniendo la competitividad.

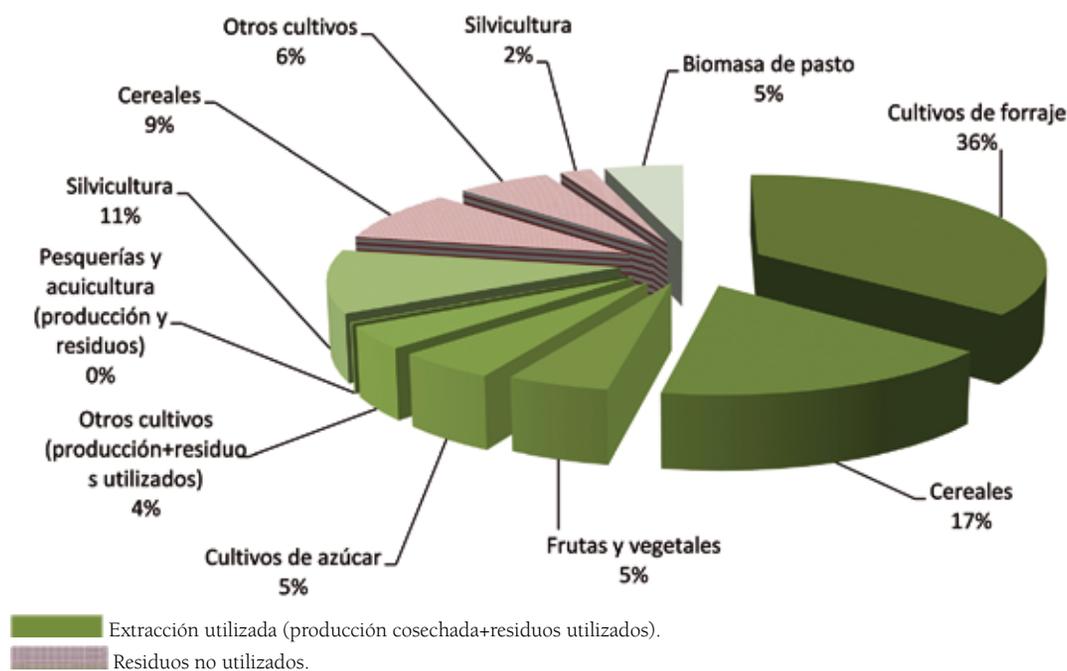
PANORAMA EUROPEO DE LA BIOECONOMÍA

Tanto la contrastada infrautilización de las materias primas de origen biológico en el ciclo económico, como las diversas posibilidades de valorización económica de los residuos en materias primas reincorporables al ciclo productivo, justifican este nuevo planteamiento que persigue cerrar el esquema tradicional y contribuir a mejorar la eficiencia de sus cadenas de valor.

Por otro lado, la bioeconomía representa uno de los ejes prioritarios sobre los que gira el Plan de Acción Europeo para una Economía Circular de 2015, al ofrecer alternativas sostenibles de producción y un elevado potencial innovador respecto a materiales, productos y procesos, capaz de establecer sinergias con la política climática y energética europea, promoviendo la utilización eficiente de los recursos biológicos a través de medidas orientadas a impulsar la producción de biomasa y el apoyo a la innovación

Gráfico 2. Extracción de biomasa en la UE, 2013

(en % del volumen total de materia seca)

Fuente: Comisión Europea, Joint Research Centre, *La Bioeconomía de la UE en cifras* (15.11.2015).

(COM (2015) 614 final). Los miembros del Panel Europeo de Grupos de interés de la Bioeconomía (representantes de grandes y pequeñas empresas, organizaciones no gubernamentales, productores de biomasa, regiones y universidades de todos los Estados miembros), acordaron en 2017 los principios, acciones y recomendaciones para el desarrollo de la bioeconomía en Europa (European Bioeconomy Stakeholders, 2017). Su objetivo es desarrollar un sector competitivo de industrias de base biológica, apoyado en biorrefinerías avanzadas abastecidas a partir de biomasa sostenible, lo que aumentará la productividad y generará nuevas cadenas de suministro. En Europa la biomasa, representa cerca del 25% del consumo total de materiales, medido en toneladas per cápita 2017¹.

La biomasa utilizada en la bioeconomía europea alcanza entre 1600 y 2200 millones de ton-

neladas anuales, registrándose entre 450 y 680 millones de toneladas la biomasa sin utilizar. Este recurso tiene un origen diverso, siendo en todo caso mayoritario el obtenido a partir de cultivos de forraje, cereales y silvicultura, y su consumo se orienta en gran medida (61%) a la alimentación humana y animal, consumiendo otras aplicaciones como la bioenergía o la fabricación de biomateriales en torno al 18% respectivamente (gráfico 2).

Esta producción refleja las especificidades territoriales y económicas de los Estados miembros. En algunos, como Rumanía, Grecia, Polonia, Eslovenia, Irlanda, Portugal y Croacia, la agricultura es el sector que ofrece más empleo dentro de la bioeconomía (en torno al 60%); en Países Bajos, Bélgica, Francia, Dinamarca, Alemania, Italia, Reino Unido, España, Luxemburgo e Irlanda, la bioeconomía se basa en la industria agroalimentaria, y en la industria química de base biológica (sectores de química, farmacéutica y plásticos con base biológica). El sector forestal es el clave en el caso de Finlandia, Suecia, Letonia o Estonia, mientras en el

¹ Se considera biomasa todo material orgánico cuyo origen sea forestal, agrícola (cultivos, subproductos o residuos), agro-industrial o residuos municipales susceptibles de producir energía (Comisión Europea (Facts and Figures) y Eurostat (Material flow accounts)).

resto de países la bioeconomía no puede considerarse especializada.

COYUNTURA Y OPORTUNIDADES DE LA BIOECONOMÍA EN ESPAÑA

La Estrategia Española de Bioeconomía 2030 (EEB) se propone situarla como parte esencial de la actividad económica nacional, impulsando la innovación y fomentando la colaboración público-privada, así como la interacción entre los sistemas español e internacional de ciencia y tecnología. Se centra fundamentalmente en sectores productivos ligados al uso de recursos de base biológica (agroalimentario, silvicultura y forestal, biotecnológico, cultivo de algas y microorganismos, subproductos y residuos) de los que pueden obtenerse bioproductos sustitutos de los derivados del petróleo (biolubricantes, bioplásticos, aditivos alimentarios, cos-

méticos, barnices, disolventes, etc), y bioenergía (biocarburantes avanzados, energía térmica o eléctrica, etc).

Objetivos estratégicos y operativos de la EEB

Para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las cadenas de valor de los sectores mencionados, es clave impulsar la participación y colaboración entre industria y otros agentes de innovación –incluidas las plataformas tecnológicas–, así como la de los agentes sociales en los ámbitos público y privado, para que los sectores comprometidos alcancen sus objetivos estratégicos y operativos.

Entre ellos destacan la mejora de la competitividad e internacionalización de las empresas españolas que trabajan en el ámbito de los recursos biológicos, o la generación de nuevas

Recuadro 1	
OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE BIOECONOMÍA. HORIZONTE 2030	
ESTRATÉGICOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejora de competitividad e internacionalización empresas. Generación de conocimientos. Nuevos desarrollos científicos y tecnológicos 2. Área de innovación estratégica basada en el conocimiento 3. Alcanzar potencial de desarrollo basado en la sostenibilidad social y ambiental y en la innovación tecnológica y organizativa
OPERATIVOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impulsar colaboración entre administraciones, sectores productivos y sociedad 2. Promover interacción entre los sistemas español e internacional de ciencia y tecnología, público y privado. Mejorar eficiencia uso de recursos de origen biológico, consolidando estructuras operativas 3. Facilitar creación de conocimiento científico y su aplicación al mercado e innovación mediante creación de empresas de base tecnológica 4. Identificar limitaciones a la expansión de la biotecnología en todos los sectores relacionados 5. Integrar las herramientas de apoyo a la generación de conocimiento y su transformación en tecnología aplicable a procesos productivos 6. Facilitar internacionalización empresas bioeconomía 7. Desarrollar herramientas para educación y formación 8. Facilitar el conocimiento, diálogo y difusión social de la bioeconomía entre todos los agentes científicos, sociales, económicos, financieros y sociedad en general 9. Promover el desarrollo económico y diversificación de actividades productivas en el medio rural 10. Creación de mercados que permitan revalorización y uso de recursos de origen biológico

Fuente: Ministerio de Economía y Competitividad, *Estrategia Española de Bioeconomía. Horizonte 2030* (2016).

actividades económicas mediante la generación de conocimiento y la adaptación a nuevos desarrollos científicos y tecnológicos que respondan a la demanda de los consumidores y sectores productivos (recuadro 1).

En el marco de la EEB, el Observatorio Español de Bioeconomía (2017) se encargará de acordar e impulsar la ejecución de los Planes de Acción, así como de evaluar anualmente su cumplimiento. Concretamente se orientará a identificar grupos promotores en los ámbitos autonómico y local; impulsar programas de difusión y debate; generar información; reforzar la cooperación e intercambio internacional de información y promover la formación académica en esta materia.

Sectores implicados en la Bioeconomía

En España son diversos los sectores implicados en el marco de la Estrategia de la Bioeconomía (2015), cada uno con una función específica y un interés concreto que les hace fundamentales en el objetivo de optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales:

- *Sector agroalimentario*: es uno de los principales beneficiados en la Estrategia, tanto por su papel clave en la satisfacción de la demanda de alimentos seguros y de calidad, como por su potencial innovador, necesario para mejorar la eficiencia y reducir las mermas y desperdicio de los productos. 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. El 79% de las tierras de cultivo es de secano, y algunas investigaciones defienden la viabilidad de dedicar el 50% de la superficie en barbecho (cerca de 2 Mha) a cultivos energéticos.

El grupo de expertos españoles que desarrolla su actividad en biorrefinerías (BIOPLAT y SusChem-España), recomienda que los cultivos específicos para biorrefinería que se desarrollen en España no sean alimentarios, ni invasores, y que sus necesidades hídricas sean limitadas. Así pues, el cultivo de nuevas

Los retos que afronta actualmente el orden mundial, relacionados con el crecimiento demográfico, el agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático, hacen necesaria la adopción de nuevas vías para garantizar un crecimiento sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales. Este es precisamente el objetivo de la denominada “bioeconomía”, entendida como el conjunto de actividades relacionadas con el desarrollo, producción y utilización de productos y procesos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y flujos de residuos en otros de valor añadido, bioproductos y bioenergía

especies debe en todo caso desarrollarse en terrenos de secano, no competir con cultivos alimentarios, y utilizar especies no invasivas, y bien adaptadas al terreno y la climatología.

El desperdicio de alimentos² alcanza los 173 kg/habitante anuales en el ámbito europeo, de los que entre un 30 y un 50% son alimentos sanos y comestibles (el 53%

² Se define “desperdicio alimentario” como “el conjunto de productos alimenticios descartados de la cadena agroalimentaria por razones económicas o estéticas o por la proximidad de la fecha de caducidad, pero que siguen siendo perfectamente comestibles y adecuados para el consumo humano y que, a falta de posibles usos alternativos, terminan eliminados como residuos, generando externalidades negativas desde el punto de vista del medio ambiente, costes económicos y pérdida de beneficios para las empresas (Parlamento Europeo (2011/2175(INI)).

proceden de los hogares, en su mayoría evitables mediante cambios de hábitos de consumo, compra y gestión de alimentos; el 30% corresponde a las empresas de la producción y procesado, mayoritariamente pérdidas y desperdicios inevitables; el 12% corresponde a la restauración y el 5% a la distribución). Estos desperdicios, además, generan 170 millones de toneladas equivalentes de CO₂ al año. Aunque no se conoce con precisión la magnitud de las pérdidas y desperdicio alimentarios en España, según la Estrategia “Más alimento, menos desperdicio” (MAPAMA, 2013) estaría en torno a los 7,7 millones de toneladas anuales (lo que representa el 8,6% del desperdicio alimentario en Europa). El 68% de los productores manifiesta no tener que retirar ningún producto por imposibilidad de comercializarlo, calculándose que se retira casi un 4% de los productos en la industria y un 5% entre los mayoristas. La eliminación parece la opción más utilizada en el proceso de gestión del producto retirado, representando cerca de la mitad en todos los sectores (tabla 1).

Junto a lo anterior, la producción de biomasa de fuentes no convencionales, como cultivos de algas y microorganismos marinos, puede representar una fuente importante de compuestos y bioproductos (enzimas, polímeros, carbohidratos, fármacos, etc) y generar nuevas cadenas de valor.

- *Sector forestal:* se incluyen en este sector los cultivos, aprovechamientos y residuos forestales obtenidos a partir de la transformación de la madera, el corcho, la resina, la produc-

ción de papel y otros productos industriales asimilados. Se trata de procesos productivos que involucran grandes cantidades de biomasa, con fuerte potencial generador de empleo y elevado valor añadido.

Según el Informe Anual sobre el estado del Patrimonio Natural y la Biodiversidad de 2016, el 55% de la superficie nacional es forestal. El territorio forestal español se encuentra en expansión, tendencia más acentuada que en otros países europeos (desde 1990 España ha aumentado su superficie arbolada a un ritmo anual de 2,2%, frente al 0,5% de media Europea). En España, la biomasa forestal aérea alcanzó en 2012 un total estimado de 1.303 millones de toneladas de materia seca (t.M.S) (2082 millones de toneladas incluyendo la correspondiente a sistemas radicales), lo que supone una fijación anual de 3753,8 millones de toneladas de CO₂. Por otra parte, en los montes españoles hay una disponibilidad anual estimada de 18 millones de toneladas de biomasa que no entra en competencia con otros usos, como el maderero (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2013). La Estrategia de Bioeconomía pretende, desde un enfoque integrador, avanzar en la incorporación de la sostenibilidad en los sistemas de gestión de los recursos forestales, para preservar la biodiversidad y mantener el equilibrio de estos ecosistemas, e impulsar la genética y genómica para mejorar la duración de los productos madereros.

La contribución de este sector a la producción de biomasa como materia prima de

Tabla 1. Opciones del producto alimentario retirado (en porcentaje vertical)

	Productores	Industria	Mayoristas
Eliminación	51,5	49,8	51,6
Reciclaje/reutilización	35,0	30,0	24,2
Banco alimentos/ONG	17,4	20,9	30,0

Fuente: MAPAMA, Barómetro del Clima de Confianza del Sector Agroalimentario (Tercer Trimestre 2015).

la industria bioquímica y bioenergética es clave.

- *Sector de subproductos y residuos:* hay una amplia gama de subproductos procedentes de la actividad humana, destacando por su volumen la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales o residuos sólidos urbanos (RSU), de depuradora, o los derivados de la cría de animales para consumo.

En España la fracción de los RSU destinados a vertedero se ha reducido 2,8 puntos porcentuales desde 2007, alcanzando pese a todo en 2016 un 56,7%. La Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre residuos y por la que se derogan determinadas Directivas, vela por la aplicación de Planes de gestión de residuos y programas de prevención para avanzar en el cumplimiento de la jerarquía establecida: prevención, reutilización, reciclaje, valorización y eliminación de residuos. En este sentido, la reducción de la eliminación y la mejora en la recuperación de todos los residuos y subproductos como materia prima de otros procesos productivos supondrá una mejora en la eficiencia del proceso.

La Estrategia hace especial énfasis en el impulso de las tecnologías que faciliten el reciclado y recuperación de estas materias primas.

- *Sector biotecnológico:* conformado en España en 2016 por 2981 empresas *biotech* que emplearon a 130 453 personas, representaba ese año el 0,8% del PIB, aunque si se consideran aquellas empresas cuya actividad secundaria se centra en la biotecnología o son usuarias de la misma, su impacto alcanza el 8,6% del PIB, y proporciona trabajo a más de 930 000 empleados.

Entre los factores facilitadores destacan en 2016 el apoyo de la Administración Pública

La bioeconomía representa una alternativa real para la descarbonización de la economía, y puede desempeñar un papel fundamental en la acción climática. Además, contribuye a la especialización inteligente de los territorios, al impulso de la innovación y el cambio estructural con un enfoque sostenible, potenciando políticas de desarrollo rural. Y puesto que se fundamenta en los recursos biológicos, aporta una perspectiva para la descarbonización de la economía basada en recursos fósiles

y los cambios positivos en la regulación del sector, y entre los obstaculizadores, el coste de la innovación, un largo periodo de rentabilidad, o la escasez de proveedores especializados y de personal cualificado (ASEBIO, 2017). Así, el gasto en actividades de I+D interna en Biotecnología aumentó un 2,6% en 2016 respecto a 2015, situándose en 1580 millones de euros, lo que representó ese año el 11,9% del gasto interno total en actividades I+D (INE, 2017).

- *Sector producción y transformación de biomasa:* orientado a la generación de energía y de bioproductos, e integrado en España por unas 170 empresas.

La contribución de la bioenergía (incluyendo la biomasa para generación eléctrica, térmica y biocarburantes para el transporte) al PIB en el periodo 2007-2014 fue de 3562 millones de euros de media al año, generando en media anual unos 47 880 empleos directos

e indirectos en ese periodo (Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA).

- *Industria química*: este sector es susceptible de utilizar recursos renovables, no competitivos con la alimentación humana, así como los residuos o subproductos del propio proceso productivo, o la biomasa algal como materia prima de esta actividad.

Por un lado los procesos de fermentación de la materia orgánica, de los que se obtienen ácidos grasos volátiles de cadena corta, y por otro los procesos basados en el uso de biocatalizadores, permiten la obtención de bioproductos como plásticos, fibras, detergentes, pinturas, cosméticos, aceites, lubricantes, materiales de construcción, productos químicos activos, como enzimas o microorganismos, aplicables a la industria farmacéutica, industria alimentaria o alimentación animal.

- *Sector bioenergía*: se prevé un avance en el conocimiento y la comercialización de nuevas rutas de síntesis de biocombustibles con tecnologías termoquímicas o bioquímicas que utilicen como materia prima los residuos o subproductos de los procesos productivos, o la biomasa algal, que permitirán mejorar la eficiencia en el proceso de obtención de combustibles para el transporte, electricidad o calor.

Tal como expone la propia Estrategia, buena parte de los nuevos productos que pueden obtenerse a partir de la materia orgánica son sustitutivos de los derivados del petróleo, como bioproductos (biolubricantes, bioplásticos, aditivos alimentarios cosméticos, barnices, disolventes, etc) y bioenergía (biocarburantes avanzados, energía térmica o eléctrica, etc).

Las empresas de los mencionados sectores económicos podrán participar en la creación de nuevas cadenas de valor en las que la producción y transformación de productos primarios conecta con la actividad industrial, aprovechando toda la biomasa que hasta ahora no era utilizada en su totalidad y, en ocasiones, tenía

coste de gestión. Sin embargo la Estrategia va más allá, en paralelo con el propio concepto de bioeconomía en el que se integran otras áreas de actividad complementarias, dinámicas y sostenibles. Por ejemplo, en el ámbito del agua resulta fundamental una adecuada gestión y reutilización, que permita optimizar un uso eficiente y sostenible del recurso, tanto en el sector agroalimentario como en el resto de los implicados.

Potencial biomásico en España

La estimación de la biomasa total producida anualmente en España (incluyendo la derivada de cultivos agrícolas, actividad forestal, industria alimentaria o maderera, del papel y del textil, residuos animales y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos), según datos del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y del INE, supera los 140 millones de toneladas anuales (tabla 2).

Es decir, aproximadamente el 37,6% procedería de residuos municipales depositados en vertedero, el 27,7% sería biomasa de cultivos, el 21,5% residuos agrícolas y el 13,2% aprovechamientos forestales.

El consumo de materiales ha sufrido un fuerte retroceso en los últimos años en España, que en buena medida obedece a la caída de consumo de minerales no metálicos. Considerando la generación estimada de biomasa, esta representaría en torno al 35% respecto al consumo total de materiales para 2016, lo que refuerza la importancia de acelerar la puesta en marcha de las políticas y medidas hacia una bioeconomía.

BIORREFINERÍAS: PILARES DEL NUEVO PARADIGMA

Consideradas por la Estrategia de Bioeconomía como aquellas plantas industriales en las que, mediante la aplicación de ciertas tecnologías, se valorizan diferentes fracciones de materias primas de base biológica (celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, etc) para obtener uno

Tabla 2. Estimación de la biomasa generada en España

ORIGEN MATERIA PRIMA	ton/año
Cultivos	
Masas herbáceas susceptibles de implantación terreno agrícola	17 737 868
Masas leñosas susceptibles de implantación terreno agrícola	6 598 861
Masas leñosas susceptibles de implantación terreno forestal	15 072 320
Total biomasa cultivos	39 409 049
Residuos agrícolas	
Herbáceos	14 434 566
Leñosos	16 118 220
Total residuos agrícolas	30 552 786
Aprovechamientos y residuos forestales	
Aprovechamientos árbol completo	15 731 116
Restos aprovechamiento maderero	2 984 243
Total aprovechamientos forestales	18 715 359
SUBTOTAL BIOMASA (C + RA + ARS)	88 677 194
Residuos municipales	
Totales	108 376 987
A vertedero	53 509 524
BIOMASA TOTAL	142 186 718

Fuente: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, *Manual sobre las Biorrefinerías en España* (septiembre 2017), INE, Estadísticas sobre Residuos (datos residuos municipales).

o varios bioproductos, además de biocarburantes o energía, las biorrefinerías representan un planteamiento integrado para la obtención diversificada de productos a partir del aprovechamiento eficiente y rentable de la biomasa (Plan de Energías Renovables 2011-2020).

En este objetivo es clave el impulso de la innovación ligada a la producción y utilización de materia orgánica, que por un lado sirve de apoyo a los sectores agroindustriales y foresta-

les tradicionales, y por otro facilita el desarrollo de nuevas actividades, especialmente cuando la biomasa utilizada es de procedencia local o regional. Así, sectores como el químico, paplero, energético, etc., tienen puntos de confluencia en sus actividades con los anteriores a través del desarrollo de las biorrefinerías, que potencien la salida al mercado de nuevos productos y el desarrollo de nuevos bioprocesos, promoviendo un desarrollo específico en los entornos rurales.

La diversidad de los sectores implicados, la capacidad de aprovechamiento de productos residuales, o la de apoyarse en el desarrollo tecnológico han convertido este sector en paradigmático, capaz de impulsar la inversión en investigación e innovación, de instrumentar la coordinación y compromiso político necesarios, de mejorar la competitividad y de optimizar los mercados asociados.

España ostenta una posición estratégica para este desarrollo, basada en la elevada disponibilidad de biomasa, en cantidad suficiente para ser aprovechada y valorizada en estas industrias, como ocurre con el potencial para la producción de cultivos específicos en terrenos actualmente destinados a barbecho o terrenos marginales cultivables. Por otra parte, España está en disposición de aprovechar determinadas ventajas competitivas vinculadas al desarrollo de la bioeconomía, debido al conocimiento multidisciplinar existente, la climatología, la existencia de un sector químico fuerte e innovador y un consolidado sector de la biomasa. Se trata de una oportunidad teniendo en cuenta su actual situación de dependencia energética exterior y como aliciente para ofrecer nuevas opciones al medio rural, amenazado por una creciente despoblación, siendo sin embargo el lugar en el que se encuentra mayoritariamente esta fuente de materia prima renovable con capacidad de sustituir combustibles fósiles y otros recursos no renovables (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, septiembre 2017).

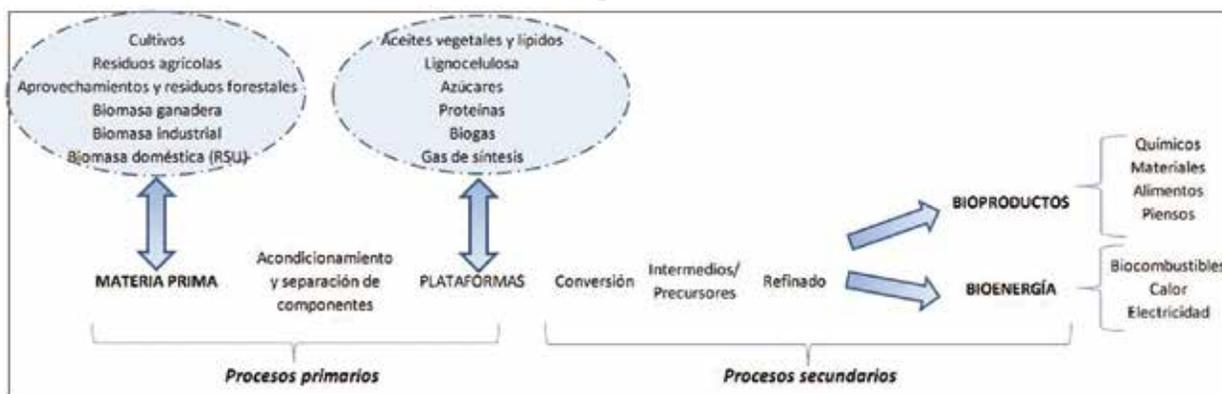
Estructura y funcionamiento

Los procesos primarios de una biorrefinería (gráfico 3) conllevan la separación de los componentes de la biomasa en productos intermedios (celulosa, almidón, azúcar, lignina, aceite vegetal, biogás, fracciones proteicas, proteínas individuales, metabolitos vegetales y microbianos), y normalmente incluyen operaciones de acondicionamiento y descomposición y pretratamiento de la biomasa.

Mientras la separación de componentes se produce en la propia biorrefinería, los procesos de acondicionamiento y/o pretratamiento se pueden realizar fuera de la misma. Los productos intermedios originados durante los procesos primarios se conocen como *plataformas de biorrefinería*, y sirven como materia prima para los secundarios. Por su parte, los procesos secundarios son los distintos procesos de conversión y procesado adicionales que crean un gran número de productos a partir de los intermedios obtenidos.

Según el grupo de expertos sobre biorrefinerías de la Agencia Internacional de la Energía su clasificación se basa fundamentalmente en el grado de desarrollo tecnológico (convencionales o avanzadas), el tipo de biomasa utilizada (biorrefinerías de primera, segunda y tercera generación, o integradas), el proceso de conversión que prevalece (termoquímico, bioquímico, mecánico, químico) o la biomasa utili-

Gráfico 3. Desarrollo de procesos en una biorrefinería



Fuente: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, *Manual sobre las Biorrefinerías en España* (2017).

zada (material lignocelulósico, cereal, semillas oleaginosas, etc).

Productos, plataformas tecnológicas e identificación de barreras

Los productos obtenidos en las biorrefinerías pueden incluirse en las siguientes categorías:

- Bioenergía: cualquier forma de energía derivada de combustibles de origen biológico (térmica, eléctrica, mecánica o biocarburantes).
- Bioproductos: compuestos obtenidos a partir de biomasa (celulosas, hemicelulosas, disolventes, plastificantes, herbicidas, resinas, fármacos, aditivos alimentarios, desengrasantes, polímeros y fibras acrílicas, cosméticos, edulcorantes, etc).
- Medios de cultivo para fermentación microbiana (sustratos en procesos biotecnológicos de producción, derivados para tratamiento de aguas residuales, productos utilizados en procesos fermentativos, o en alimentación animal, ect).

En función del producto obtenido y de los procesos de conversión utilizados, es preciso aplicar diversos sistemas de aprovechamiento, que a su vez configuran diferentes plataformas tecnológicas. El National Renewable Energy Laboratory (USA) ha definido seis plataformas tecnológicas esenciales para la obtención de bioproductos a partir de fuentes de biomasa (recuadro 2).

Del aprovechamiento de las distintas fuentes de biomasa y la aplicación de distintos procesos de transformación sostenible, han surgido iniciativas que adoptan el concepto de biorrefinería integrada, capaces de obtener una variada oferta de biocarburantes y otros productos de valor añadido, como es el caso del proyecto aprobado por el Gobierno de Navarra (Departamento de Innovación, Empresa y Empleo) con la creación de una Instalación Científica y Tecnológica Singular (ICTS), en Aoiz.

La complejidad de los sistemas bioenergéticos, en cuya cadena desde la obtención de recursos hasta los servicios energéticos participa un gran número de colaboradores y mercados, hace de la coordinación entre agentes de los sectores implicados (energético, agrario, industrial, económico e I+D), habitualmente poco relacionados entre sí, una de las principales barreras. Aunque pueden identificarse otras de diversa naturaleza, como las relacionadas con la disponibilidad del terreno, económicas, relativas a la capacidad institucional o al nivel de conocimiento.

Ventajas asociadas a las Biorrefinerías

Tanto en Europa como en España se han establecido políticas orientadas a relocalizar la industria, potenciar la bioeconomía y fomentar la economía circular, lo que proporciona un entorno favorable para el desarrollo de las biorrefinerías. Además, las regiones españolas manifiestan un interés creciente en este desarrollo

Recuadro 2

PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS EN BIORREFINERÍAS

PROCESOS	PRODUCTOS	PLATAFORMA TECNOLÓGICA
Hidrólisis	Energía/Electricidad	Azúcares y Lignina
Gasificación	Combustibles	Gas de síntesis
Pirólisis	Combustibles/Materiales	Aceite de pirólisis
Digestión	Materiales/Sustancias químicas	Biogás
Extracción	Sustancias químicas/Alimentos	Cadenas carbono
Separación	Alimentos, piensos	Plantas biofactoría

Fuente: Genoma España y CIEMAT, *Biorrefinerías: situación actual y perspectivas de futuro. Informe de vigilancia tecnológica* (Madrid, 2008).

Recuadro 3**BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS:**

- Generación de empleo: asociado al aprovisionamiento de las instalaciones y a su mantenimiento;
- Aumento del producto interior bruto vinculado a inversiones en industria y tecnología españolas;
- Dinamización del medio rural, entornos donde habitualmente se ubican estas instalaciones;
- Dinamización e interacción entre diversos sectores industriales;
- Creación de conocimiento;
- Generación de energía y bioproductos de alto valor añadido;
- Reducción de emisiones GEI por aumento del uso de combustibles renovables y por reducción de emisiones difusas asociadas a residuos ganaderos.
- Revalorización de la industria química al generar productos de mayor potencial comercial o costes de producción inferiores;
- Impulso a sectores biotecnológico y bioenergético.

BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES:

- Aprovechamiento de residuos orgánicos como materias primas, generando un ahorro y optimización de la gestión y tratamiento de residuos;
- Reducción de la emisión de metano (gas con efecto invernadero 23 veces más perjudicial que el CO₂) al disminuir el volumen de residuos depositados en vertedero;
- Impulso a la gestión sostenible de los montes españoles, y reducción de los incendios forestales asociados a la falta de valorización de los productos forestales;
- Reducción de GEI al reducir el uso de combustibles fósiles;
- Reducción de emisiones del transporte al reducirse las distancias recorridas al generarse las materias primas en el entorno de la central;
- Mejora de la conservación de la biodiversidad.

Fuente: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, *Manual sobre las Biorrefinerías en España* (2017).

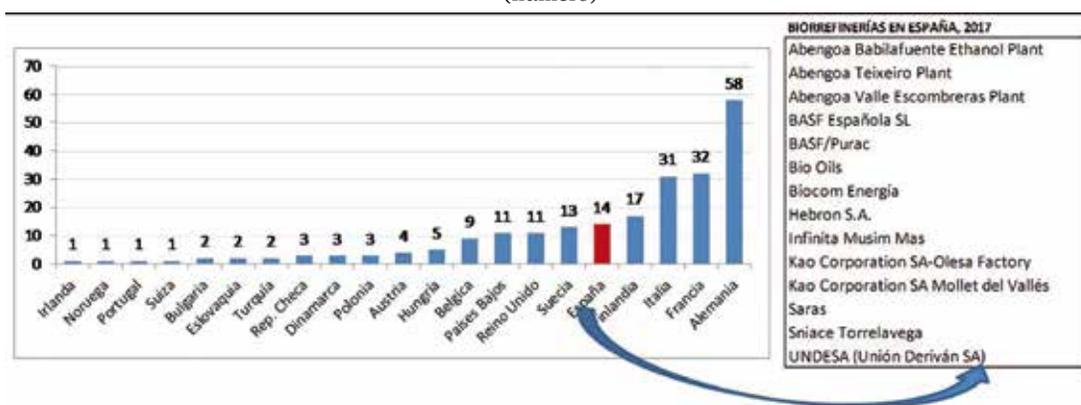
ante la necesidad de impulsar la valorización de las respectivas producciones de biomasa y de establecer bioindustrias en sus territorios. Las ventajas son de naturaleza socioeconómica y medioambiental (recuadro 3).

Junto a lo anterior es interesante considerar el establecimiento de sinergias entre mercados de elevado valor añadido, o la ventaja estratégica que supone la presencia de empresas españolas introducidas en el sector de las bioindustrias. Además, el papel de las Plataformas Tecnológicas como actores vertebradores de los sectores implicados proporciona un marco favorecedor de la interconexión intersectorial e interregional capaz de optimizar el resultado de estas nuevas plataformas productivas.

Producción científica y proyectos en marcha en el ámbito de la Bioeconomía española

En términos de producción científica en bioeconomía, según la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECyT), España ocupó la novena posición del mundo en el periodo 2005-2014, clasificándose en el marco de la UE en tercer lugar, por detrás de Reino Unido y Alemania. La cuota anual española en la producción mundial en bioeconomía supuso el 4,3 por 100 en el periodo considerado, frente al 22,7% de USA o el 12,7% de China. El volumen de participación de la investigación española en bioeconomía se ha mantenido constante en el periodo en torno al 1% de la producción total, alcanzan-

Gráfico 4. Biorrefinerías españolas en el marco europeo, 2017
(número)



Fuente: Bio based Industries Consortium, *Biorefineries in Europe 2017*.

do el índice de actividad relativa (IAR)³, pasando de un 51% sobre la actividad mundial en 2006 al 28% en 2014.

La Iniciativa Tecnológica Conjunta de Bioindustrias (JTI-BBI), partenariatado público privado entre la Comisión Europea y el Consorcio de Bioindustrias (BIC) creado en 2014 para potenciar la Bioeconomía Europea, y enmarcada en el Reto Social 2 de Bioeconomía en H2020, persigue reducir la dependencia europea en combustibles fósiles y sus productos derivados, avanzando hacia una bioeconomía capaz de desarrollar nuevos productos y cadenas de valor de origen biológico, que permita paliar los efectos del cambio climático y transformar la economía europea en una economía más respetuosa con el medio ambiente. El eje de esta iniciativa es el desarrollo de nuevas biorrefinerías que permitan transformar, mediante un aprovechamiento en cascada, los recursos renovables naturales en productos, materiales y combustibles de base biológica.

El BIC menciona, en su Informe 2017, la presencia en la Unión Europea de diversas empresas cuya actividad tuvo un fuerte impacto ese año, al movilizar actores, recursos y tecnologías tanto en pymes como en grandes compañías, resultando en una inversión privada considerable a

iniciativas europeas de bioeconomía. Las biorrefinerías registradas en Europa alcanzaban las 224 en 2017, especializadas en los ámbitos de biorresiduos, materiales lignocelulósicos, biodiesel obtenido a partir de aceites y grasas residuales, bioetanol obtenido a partir de azúcares, etc, siendo su presencia mayoritaria en Alemania (26%), Francia e Italia (14%). España, con 14 biorrefinerías registradas, representa el 6,2% sobre el total europeo, siendo su objetivo el desarrollo de instalaciones industriales que, a partir de materias primas sostenibles, generen múltiples productos incluyendo energía y productos químicos basados en biomasa (*building blocks* y sus plataformas químicas) (gráfico 4).

Más allá de las instalaciones en funcionamiento, existen múltiples iniciativas y proyectos de investigación relativos a la dinamización de esta actividad en todo el ámbito nacional. Iniciativas que precisan un apoyo institucional, al menos en sus inicios, que permita realizar inversiones tanto a nivel de proyecto como en la construcción de centros de investigación que alberguen plantas de producción versátiles e innovadoras. Algunas están cofinanciadas con fondos públicos (regionales, estatales y/o europeos) (recuadro 4).

Una oportunidad para el entorno rural

Las actividades que conforman la bioeconomía se caracterizan por desarrollarse en ubicaciones próximas a los lugares donde se

³ Se define el índice de actividad relativa (IAR) como la tasa de artículos sobre bioeconomía de un país dividida entre la tasa de artículos mundiales sobre el tema (FECyT, 2017).

Recuadro 4	
INICIATIVAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA, 2011-2017	
Ubicación	Proyecto
Álava (Campo Agroalimentario de Arkaute)	Uso integral de la colza para la disminución de las emisiones de gases con efecto invernadero en la actividad agraria
Canarias (Instituto Tecnológico)	ALGALIMENTO-Desarrollo de una cadena de producción de microalgas marinas e hipersalinas y productos derivados orientada al mercado de la alimentación
Ciudad Real (Puertollano)	“Castilla-La Mancha Bio-Economy Region” (Proyecto CLAMBER)
Córdoba (El Tejar, Benamejí)	Biorrefinería del olivar: nuevas tecnologías y procesos para el desarrollo de productos innovadores del olivar
Daimiel (Ciudad Real)	BIORRED. Biorrefinerías mediterráneas: nuevas aplicaciones
Granada	SW3: producción de aceites microbianos ricos en DHA MicrobiOil 3.0: Producción de aceites microbianos de alto valor a partir de residuos agroindustriales Tribiplast: Producción de biopolímeros por fermentación
León (Instituto Biotecnología)	Búsqueda de nuevas feruloil esterasas y cócteles enzimáticos lignocelulolíticos de aplicación industrial
Lérida Lérida (Centro DBA, Universidad)	Adecuación de la fibra de fruta para diferentes aplicaciones tecnológicas Obtención de estópidos funcionalizados a partir del aprovechamiento industrial de subproductos animales Aplicación de procesos químicos y enzimáticos a la valoración de biomasa
Madrid (Alcalá de Henares) Madrid (CIEMAT) Madrid (U. Complutense)	Nuevo proceso de obtención de bioqueroseno compatible con procesos tradicionales de refinación Producción de lípidos de valor energético con microalgas con CO ₂ industrial Diésel Renovable Alternativo al Gasoil Convencional (DRAGO) Diseño y optimización de una biorrefinería sostenible basada en biomasa del olivar y de la industria del aceite de oliva: análisis techno-económico y ambiental Proceso integrado de la biorrefinería de aceite de jojoba Proceso integrado de la biorrefinería de la biomasa de microalgas
Murcia	“BIOTABACUM” (Proyecto de desarrollo del cultivo y aprovechamiento energético de “Nicotiana tabacum”)
Navarra	Proyecto de biorrefinería

Recuadro 4 (cont.)

INICIATIVAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA, 2011-2017

Ubicación	Proyecto
Oviedo	Procesos químicos y catalíticos para la obtención de productos químicos y combustibles a partir de biomasa
País Vasco (Fundación Tecnalia Research & Innovation)	BIOSYNCAUCHO-Desarrollo de un proceso de obtención de 1,3-butadieno a partir de biomasa Obtención de productos de alto valor añadido a partir del glicerol Elaboración de bioplásticos degradables a partir de la fracción sólida de los residuos domésticos
San Sebastián	Design and Manufacturing of Catalytic Membrane Reactors by developing new nano-architected catalytic and selective membrane material SPHERA. Soluciones a la producción de hidrógeno energético y reconversión asociada
Valencia	Tratamientos alternativos para la mejora del rendimiento de la operación de hidrólisis enzimática de biomasa residual lignocelulósica para la obtención del bioetanol Desarrollo de metodologías de pretratamiento y extracción de subproductos alimentarios
Valladolid (Universidad)	WINESENSE - Research on extraction and formulation intensification processes for natural actives of wine FASTSUGARS - Demostración de un proceso selectivo de transformación de biomasa en azúcares y compuestos químicos mediante reactores ultra rápidos en agua supercrítica FRACBIOFUEL - Fraccionamiento y despolimerización selectiva de biomasa lignocelulósica en agua sub y supercrítica a combustibles líquidos destinados a conversión en destilados medios CATHYCEL - Síntesis de catalizadores en dióxido de carbono supercrítico para la conversión selectiva de celulosa en compuestos químicos base commodities Utilización de recursos naturales alternativos para la obtención de productos químicos y energía Productos saludables y de alto valor añadido a partir de materias primas renovables Intensificación de procesos mediante implementación de nuevas tecnologías para revalorización de materias primas y residuos
Vitoria-Gasteiz (Álava)	CYCLALG - Una red de centros tecnológicos para desarrollar una biorrefinería a base de algas
Zaragoza	BIOREFINER: Biogas dry reforming: process intensification for energy Catálisis y disolventes para procesos de biorrefinerías sostenibles

Fuente: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, *Manual sobre las Biorrefinerías en España*, (Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa (BioPlat) y Sustainable Chemistry (SQ), septiembre 2017).

El panorama de la bioeconomía en España es prometedor. Los proyectos puestos en marcha son una apuesta a futuro que ponen de manifiesto la capacidad investigadora e innovadora del sector en España, y constituyen una herramienta óptima para identificar aquellas áreas que mejor garanticen la recuperación de la inversión. Por otra parte, el elevado potencial de generación de materia prima hace de esta nueva perspectiva una oportunidad real para optimizar el aprovechamiento de algunos materiales hasta ahora desestimados por el ciclo económico, y como eje clave de la economía circular

genera la materia orgánica, es decir, explotaciones agrícolas, ganaderas y forestales, empresas agroalimentarias, entornos costeros y centros de gestión de residuos. Tienen, por tanto, potencial para impulsar el medio rural así como la interacción entre áreas urbanas y rurales, a través de empresas proveedoras de nuevos servicios para las nuevas actividades en los ámbitos tanto de producción y comercialización como de garantía de sostenibilidad.

La bioeconomía es, de hecho, uno de los ámbitos contemplados por la Asociación Europea de la Innovación (EIP) de agricultura productiva y sostenible, en el objetivo de impulsar la

innovación en el sector agrario para alcanzar una agricultura competitiva, eficiente y ambientalmente sostenible. A este propósito, el Programa Nacional de Desarrollo Rural ofrece dos herramientas (incluidas en la medida 16): la creación de grupos operativos supra-autonómicos y el impulso de proyectos innovadores no territorializables o de interés general desarrollados por los anteriores (MAPAMA, mayo 2016).

El Comité Europeo de las Regiones es favorable a que la Comisión, los Estados miembros y las regiones europeas adopten estrategias de comunicación para aumentar la concienciación sobre las posibilidades de la bioeconomía en las regiones, proponiendo que se utilice el término “biorregión” o “biomunicipio” para calificar las zonas rurales, ciudades y regiones que impulsan esta actividad. Y, dado que el desarrollo de la bioeconomía, especialmente en zonas rurales y forestales, ofrece una buena oportunidad de crecimiento y empleo, anima a establecer una estrecha colaboración entre las partes interesadas para conseguir su óptimo aprovechamiento. Además, propone un apoyo específico a las regiones que utilicen recursos locales para generar nuevas cadenas de valor a través de la financiación de centros regionales de investigación en todos los sectores implicados.

En todo caso, y pese a que su mayor potencial reside en promover la sostenibilidad ambiental al incidir de forma positiva en la independencia de los combustibles fósiles y en la lucha contra el cambio climático (por su contribución en el avance hacia un balance neutral de CO₂), se reconoce la existencia de riesgos asociados a la utilización de la biomasa, debido, por ejemplo, a la competencia por el uso de recursos naturales, o la reducción de la biodiversidad por aplicación de biotecnología (p.e. utilización de organismos genéticamente modificados), motivo por el cual las materias primas deberán obtenerse y utilizarse de forma sostenible, moderada y diversificada, de conformidad con el uso en cascada de la biomasa, desde el estricto

respeto al principio de precaución (DOCE 15.09.2017).

En España, iniciativas como REINWASTE (*Remanufacture the food supply chain by testing Innovative solutions for zero inorganic waste*), liderada por la Consejería Andaluza de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y enmarcada en la segunda convocatoria del Programa de Cooperación MED 2014-2020, favorecerán la adopción de conceptos innovadores más ecológicos en la agricultura y la industria. Este proyecto apuesta por la reducción de los desechos en origen, a través de la prevención y una mayor valorización de los materiales inorgánicos procedentes del sector agroalimentario (como plásticos o embalajes de alimentos y comida preparada), favoreciendo la adopción de conceptos innovadores más ecológicos por parte de la agricultura y la industria.

El panorama de la bioeconomía en España es prometedor. Los proyectos puestos en marcha son una apuesta a futuro que ponen de manifiesto la capacidad investigadora e innovadora del sector en España, y constituyen una herramienta óptima para identificar aquellas áreas que mejor garanticen la recuperación de la inversión. Por otra parte, el elevado potencial de generación de materia prima hace de esta nueva perspectiva una oportunidad real para optimizar el aprovechamiento de algunos materiales hasta ahora desestimados por el ciclo económico, y como eje clave de la economía circular. ❀

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Bioempresas, Informe 2016 sobre la *Situación y tendencias del sector de la Biotecnología en España* (ASEBIO, Madrid 2017).
- Comité Europeo de las Regiones, Dictámen sobre *La dimensión local y regional de la bioeconomía y papel de las regiones y ciudades* (Diario Oficial de la Unión Europea –DOCE-2017/C 306/07).
- Comisión Europea, Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *La innovación al servicio del crecimiento sostenible: una Bioeconomía para Europa* (COM(2012) 60 final).
- Comisión Europea, Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *Cerrar el círculo: un Plan de Acción de la UE para la economía circular* (COM(2015) 614 final).
- Comisión Europea, European Bioeconomy Stakeholders, *Manifiesto* (noviembre 2017).
- Cumbre Mundial de Bioeconomía, Comunicado *La bioeconomía al servicio del Desarrollo Sostenible* (Berlín. 26 de noviembre de 2015).
- Georgescu-Roegen, N. (1975), *Energy and Economic Myths* (*Southern Economic Journal*, Vol. 41, nº 3, pp. 347-381, en Carpintero, O., Nicholas Georgescu-Roegen: de heterodoxo a disidente (*Revista de Economía Crítica* nº 23, primer semestre 2017).
- Instituto Nacional de Estadística, *Estadísticas sobre el Uso de Biotecnología, 2016* (INE, 22 de diciembre de 2017).
- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, *Estrategia Más alimento, menos desperdicio. Programa para la reducción de las pérdidas y el desperdicio alimentario y la valorización de los alimentos desechados* (MAPAMA, 2013).
- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, DG Desarrollo Rural y Política Forestal, *La Asociación Europea de Innovación para productividad y sostenibilidad agrícola (AEI-agri) en el Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020* (MAPAMA, mayo 2016).
- Ministerio de Economía y Competitividad, Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, *Estrategia española de Bioeconomía Horizonte 2030* (marzo, 2016).
- Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, *Manual sobre las Biorrefinerías en España* (Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa (BioPlat) y Sustainable Chemistry (ES) (septiembre 2017).
- Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, *La producción científica española en el ámbito de la bioeconomía, 2005-2014* (FECyT, 2017).
- Parlamento Europeo, Comisión de Agricultura y Desarrollo Rural, *Informe del 30 de noviembre de 2011 sobre cómo evitar el desperdicio de alimentos: Estrategias para mejorar la eficiencia de la cadena alimentaria en la UE* (2011/2175(INI)).
- Sociedad Española de Ciencias Forestales, *La situación de los bosques y el sector forestal en España. Informe 2013* (ISFE, 2013).