



## CLAMBER

# LA APUESTA DE CASTILLA-LA MANCHA POR LA BIOECONOMÍA

*Javier Mena Sanz*

Biorrefinería de I+D+i Clamber

### Resumen

La Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha desarrolló el Proyecto «Castilla-La Mancha Bio-Economy Region» con el objetivo de convertir a esta región en el referente del sur de Europa dentro de la investigación relacionada con el aprovechamiento de la biomasa. Con una inversión de 16,1 millones de euros y con una cofinanciación FEDER se realizó: una adquisición de conocimiento mediante Compra Pública Precomercial con el objetivo de valorizar los residuos orgánicos generados en CLM; y la construcción de una biorrefinería a escala demostrativa. La Biorrefinería de I+D+i CLAMBER es la primera biorrefinería tecnológicamente avanzada a escala demostrativa en España, diseñada y construida para que aquellas empresas u organismos que tengan desarrollado un bioproceso novedoso de valorización de biomasa húmeda fermentable (purines, lactosuero, lodos, etc.) o biomasa lignocelulósica (restos de poda, paja residual, etc.) a escala laboratorio puedan realizar experimentos de escalado en un tamaño muy cercano al industrial para determinar su viabilidad técnica y económica. En definitiva, se minimizan enormemente los costes necesarios para desarrollar industrialmente una idea. En la actualidad, en la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER se están desarrollando dos proyectos europeos con financiación competitiva: BIOREGIO y URBIOFIN.

### Abstract

*The Regional Government of Castile-La Mancha developed the Project Castilla-La Mancha Bio-Economy Region (CLAMBER) with the aim of making this region a benchmark in southern Europe for biomass-use-related research. A 16.1 million euro investment and ERDF co-financing was used to: acquire knowledge through Pre-commercial Public Procurement with the aim of adding value to the organic waste residues generated in Castilla-La Mancha; and construct a demonstration-scale biorefinery. The CLAMBER R&D&I Biorefinery is the first technologically advanced demonstration-scale biorefinery in Spain, designed and built so that those companies and organisations that have developed a new bioprocess for adding value to fermentable, wet biomass (slurry, whey, sludge, etc.) or lignocellulosic biomass (cuttings from prunings, residual straw, etc.) at laboratory scale, can carry out scaled experiments at very close to industrial size to determine the technical and economic feasibility. In short, the costs necessary for developing an idea industrially are greatly reduced. Currently, the CLAMBER R&D&I Biorefinery is developing two European projects with competitive funding: BIOREGIO and URBIOFIN.*

## 1. Introducción

El proyecto 'Castilla-La Mancha Bio-Economy Region' (CLAMBER) nace como respuesta a dos necesidades principales, desarrolladas en los apartados siguientes: la de una fuente renovable de energía y de materiales, y la de plantas de demostración e industriales donde investigar y transformar esa materia prima renovable en productos comerciales.

### *1.1. Necesidad de bioeconomía*

Actualmente, vivimos en una sociedad con una economía basada en materiales de origen fósil, pero el aumento de su precio, los problemas medioambientales ocasionados por su uso y sus reservas limitadas han hecho iniciar una actividad económica más sostenible y más respetuosa con el medioambiente, emergiendo así una economía basada en la biomasa: la bioeconomía.

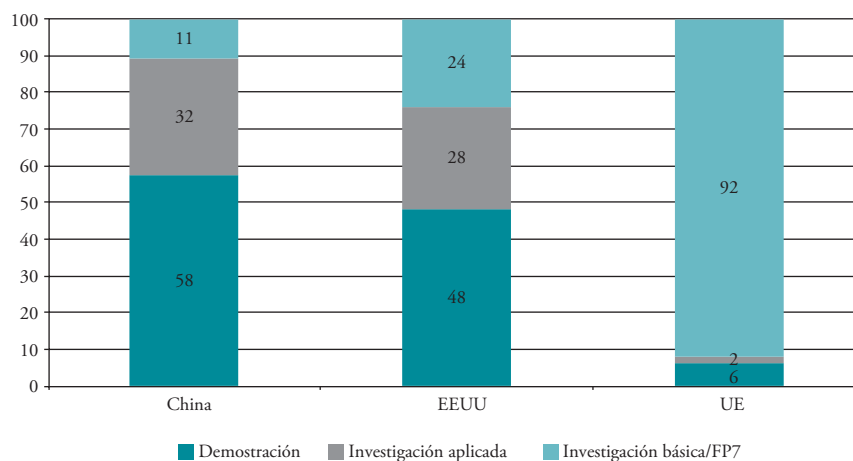
### *1.2. Necesidad de investigación a escala de demostración*

El ser humano es capaz (o debería serlo) de prever la escasez de recursos y buscar con antelación otras alternativas con el fin de evitar el descenso en el crecimiento que podría provocar dicha escasez. Para minimizar los efectos que pueden darse debido a la transición de un recurso a otro, es necesario investigar con anterioridad sobre el aprovechamiento eficaz del nuevo recurso.

Además, para que esta investigación sea fructífera y se desarrolle a escala industrial, es necesario realizar un escalado de los conocimientos adquiridos en el laboratorio. La realización de experimentos a escala demostrativos permite obtener datos fiables de los procesos para determinar su viabilidad técnica y económica. No obstante, esta escala requiere una importante inversión sin que exista garantía de obtener beneficios por la venta de los productos finales. Por eso a esta fase se la conoce como «valle de la muerte». Existen ayudas a la investigación que reducen el riesgo para las empresas pero, si se compara la inversión de la Unión Europea en proyectos de demostración con respecto a otras regiones (Gráfico 1), se observa que Europa necesita invertir más en investigación demostrativa. Esta situación se quiere revertir con la entrada del Programa Horizonte 2020.

Con respecto al ámbito nacional, en 2013 se encontraban algunas instalaciones en las que era posible realizar algunas operaciones de valorización de biomasa de manera unitaria y, además, la escala de estas instalaciones era pequeña ya que se encontraban ubicadas en organismos públicos de investigación (universidades o CSIC). Como ejemplo de esas instalaciones, cabe destacar la planta de pretratamiento de biomasa, mediante tratamiento por explosión de vapor, ubicada en CIEMAT (Madrid) y la planta de CENER en Navarra, que prioriza las rutas termoquímicas, aunque también contempla las biológicas. En el ámbito europeo, existían varios centros de investigación que disponían de equipos biotecnológicos a escala demostrativa, pero casi ninguno situado al sur de Europa, hecho que demandaba el sector biotecnológico de esta región, concretamente la Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO).

Gráfico 1. Comparativa internacional sobre las proporciones de investigación básica, aplicada y demostrativa en el año 2010. En porcentaje



Fuente: National Scientific Board, Digest, NSF (2011) y OECD (2011).

### 1.3. ¿Por qué Castilla-La Mancha?

Castilla-La Mancha (CLM) dispone de un sector primario muy potente, donde se genera una gran cantidad de biomasa residual. En 2016, el 6,6 % del producto interior bruto (PIB) provenía del sector primario, mientras que la media española era del 2,3 % (INE, 2016).

CLM concentra el 12,6 % de las explotaciones agrícolas españolas y el 17,2 de la Superficie Agrícola Útil (SAU). Es la región vinícola más grande del mundo con 445.249 ha en 2015, el 47 % del total nacional. Otro cultivo muy importante es el olivar, donde en 2015 se dedicaron al mismo 371.045 ha, un 16 % del total nacional (MAGRAMA, 2016).

Con respecto a la ganadería, CLM dispone del 8 % de las unidades de ganado mayor (UGM) nacionales. En el 2013, CLM aportó a la producción española el 35,8 % de las gallinas de puesta, el 20 % de las gallinas para carne, el 14,7 % del ganado ovino, el 14,3 % del caprino y el 11,1 % del porcino (MAGRAMA, 2016).

La industria alimentaria ligada al sector primario supone la mayor aportación a la producción industrial de la región, un 30 % del sector, valor que supera ampliamente la media nacional del 18 %. Los subsectores más importantes en términos de ventas son en este orden: 1) fabricación de bebidas (2.096 millones); 2) cárnicas (1.868 millones); 3) lácteos y derivados (947 millones) y 4) alimentación animal (408 millones).

Esta potente actividad agroalimentaria lleva asociada una gran generación de biomasa residual (Tabla 1), que potencialmente supone una gran fuente de recursos para la generación de bioproductos.

Tabla 1. Biomasa residual disponible en CLM para digestión

Residuo	t/año	Residuo	t/año
Purín de cerdo	1.545.616	No conformes frutales no cítricos	1.325
Estiércol de vaca	890.133	Transformación hortalizas	28.471
Gallinaza	618.835	Transformación tubérculos	379
Restos de otras especies	1.043.121	Transformación cítricos	0
Materias primas matadero de carne	81.293	Transformación frutales no cítricos	1.078
Materias primas matadero avícola	14.829	Bagazo - industria cervecera	97.290
Materias primas de estabulación	27.876	Alperujo 2F	235.240
Harinas C2	0	Alpechín 3F	52.038
Lodos de EDARI – cárnica	15.799	Materias primas industria del vino	414.180
Lodos de EDARI - láctea	10.989	Materias primas industria de la sidra	0
Lactosuero	478.598	Materias primas industria azucarera	77.091
Materias primas de lácteos y otros	1.190	Paja de cereal	3.447.943
Materias primas de pescado	27	Lodos EDARI - transformación de vegetales	3.734
Lodos de EDARI pescado	22	Cultivos energéticos	5.660
Excedentes hortalizas	4.146	Glicerina	23.780
Excedentes cítricos	0	Materias primas DDGS (bioetanol)	16.130
Excedentes frutales no cítricos	56	Materias primas pulpa remolacha (bioetanol)	0
No conformes hortalizas	83.336	Gran distribución	34.281
No conformes tubérculos	4.768	Bares y restaurantes	26.870
No conformes cítricos	0	Hoteles	2.098

Fuente: Probiogas (2011).

Según el proyecto PROBIOGAS, el potencial anual de generación de residuos fermentables para la producción de biogás en CLM asciende a 9,3 millones de toneladas aproximadamente. Adicionalmente, en la Tabla 2, se recoge el potencial de biomasa de CLM en lo que a residuos procedentes de los sectores agrario y forestal y sus industrias de transformación se refiere. El potencial energético en términos de energía primaria supera un millón de tep (toneladas equivalentes de petróleo) (AGECAM 2002)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> AGECAM (2002).

Tabla 2. Biomasa residual disponible para la recuperación energética

Residuos biomásicos valorizables energéticamente		t/año	
Agrícolas	Herbáceos	Paja cereales	649.939
		Tallo y zuro maíz	221.908
		Residuo campo girasol	258.473
		<b>Subtotal</b>	<b>1.130.320</b>
	Leñosos	Poda vid	621.437
		Poda olivar	354.982
		Poda frutales	60.172
		Descepe	109.807
		<b>Subtotal</b>	<b>1.146.398</b>
		Forestales	Leña, ramas, copas...
	<b>Subtotal</b>	<b>121.416</b>	
Industrias madera	Aserraderos (20.1)	66.895	
	Tableros (20.2)	3.525	
	Construcción (20.3)	115.946	
	Envases (20.4)	8.961	
	Otros y corchos (20.5)	2.629	
	Muebles (36.1)	49.973	
	<b>Subtotal</b>	<b>247.929</b>	
Industrias agroalimentarias	Bagazo cerveceras	25.000	
	Orujo uva	105.000	
	Orujillo aceituna	38.000	
	<b>Subtotal</b>	<b>168.000</b>	
<b>Total</b>		<b>2.814.063</b>	

La gran cantidad de biomasa residual proveniente del sector agroalimentario y forestal de CLM y la gran extensión de terreno donde desarrollar cultivos, tanto amiláceos y azucarados como lignocelulósicos, hacen de CLM una región idónea en la que potenciar la bioeconomía.

Si se suman todas las necesidades expuestas en los apartados anteriores: la necesidad de desarrollar la bioeconomía para utilizar la biomasa como sustituto de la materia prima fósil y la necesidad de desarrollar proyectos a escala demostrativa, sobre todo en el sur de Europa, y las unimos a las capacidades de CLM, se determina claramente la causa de por qué se ha desarrollado el Proyecto CLAMBER en esta región.

## 2. Proyecto CLAMBER

El proyecto CLAMBER fue y sigue siendo un ejemplo de inversión pública en bioeconomía. Es la más clara apuesta por la bioeconomía que ha realizado una región española. Fue

desarrollado entre 2013 y 2015 por la Junta de Comunidades de CLM (JCCM), a través del Instituto de la Vid y el Vino de CLM (IVICAM), que luego, a mediados de 2015, pasaría a formar parte del Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de CLM (IRIAF), con una actuación muy destacada de la Dirección General de Desarrollo, Estrategia Económica y Asuntos Europeos. Por lo tanto, fue un proyecto que desarrollaron conjuntamente la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural y la Consejería de Economía, Empresas y Empleo, puesto, tal y como la propia palabra «bioeconomía» lo indica, es un concepto transversal y que afecta a ambos sectores.

A pesar de las recomendaciones europeas de aquel momento, CLM, así como el resto de comunidades autónomas españolas, no había hecho todavía una apuesta estructurada para el desarrollo de una bioeconomía en el territorio. Consecuentemente, el desarrollo basado en la bioeconomía estaba en una etapa temprana y ante un escenario de alto riesgo, sobre todo si las empresas decidían lanzarse al mercado de manera independiente. Para evitar lo ocurrido en el sector productor de biocarburantes o biocombustibles en España, concretamente de biodiésel, que atraviesa actualmente una situación crítica tras un período de auge durante 2007-2010, CLM decidió desarrollar su Estrategia en Bioeconomía apoyándose plenamente en el proyecto CLAMBER y posteriormente continuar con la economía circular, íntimamente ligada a la bioeconomía, desarrollando la primera Ley de Economía Circular de una comunidad autónoma en España, cuya fase de consultas se realizó a finales de 2017 y cuya publicación está prevista realizarla en 2018.

El proyecto tuvo un presupuesto inicial de 20 millones de euros, aunque la Junta de Comunidades de CLM (JCCM) ejecutó finalmente un gasto de 16,1 millones de euros aproximadamente. Con respecto a la financiación, el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) consideró, dentro de los criterios de selección de operaciones del Programa Operativo de Investigación, Desarrollo e Innovación para el beneficio de las empresas - Fondo Tecnológico 2007-2013 (MINHAFP, 2011)<sup>2</sup>, que el proyecto CLAMBER se enmarcaba dentro de los contemplados para la creación de redes de cooperación entre empresas y centros públicos de investigación, valorando fundamentalmente la calidad organizativa de la actuación y la coherencia de sus objetivos a la vista de nivel de desarrollo tecnológico, el carácter innovador de la propuesta y su viabilidad técnica (Tema Prioritario 03 - Transferencia de tecnología y mejora de redes de cooperación). Igualmente, consideró los criterios de selección de operaciones del tema Prioritario 04 (Ayuda a la Investigación y Desarrollo tecnológico) de los Proyectos de Investigación Aplicada Colaborativa, en base al nivel científico-tecnológico del proyecto. Por lo tanto, aprobó una co-financiación del 80 % mediante Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) del Programa Operativo Fondo Tecnológico, aportando la propia JCCM el otro 20 % restante, una cantidad que, teniendo en cuenta la crisis que se estaba dando en aquella época, supuso un gran esfuerzo inversor por parte de la región.

<sup>2</sup> MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA (2011).

El MINECO no solo aportó una cofinanciación, sino que también puso a disposición de CLM, en virtud de un contrato de asesoría técnica, todo el conocimiento y todo el personal investigador que el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) atesoraba en materia de biotecnología. Finalmente, y aunque no aportaron una cofinanciación como tal, hay que destacar el papel de las empresas biotecnológicas, representadas por ASEBIO, que fueron inductoras y promotoras, mostrando su apoyo tanto en las primeras fases del proyecto como en la actual, una vez que la biorrefinería está comenzando con su operación. La etapa de Proyecto acabó formalmente en diciembre de 2015, dando paso a la denominada Biorrefinería de I+D+i CLAMBER, siguiendo con el desarrollo de la bioeconomía en CLM y estando al servicio de las empresas.

### *2.1. Objetivo*

El principal objetivo del proyecto CLAMBER fue «situar a CLM en el centro de la nueva Estrategia Europea para la Bioeconomía». Este objetivo englobaba los siguientes objetivos específicos:

- Construir una biorrefinería tecnológicamente avanzada a escala de demostración para la investigación en la producción de bioproductos innovadores de alto valor añadido y biocombustibles a partir de biomasa.
- Crear un polo tecnológico en la región para activar sinergias con las empresas tanto productoras de la biomasa como usuarias de los bioproductos y fomentar la creación y la explotación de nuevos nichos de mercados.
- Revitalizar la economía local y revertir la demografía negativa que caracteriza las áreas rurales.
- Crear un sistema de cooperación público-privado eficiente, orientado al avance científico-tecnológico y motor de iniciativas de alcance europeo e internacional.

### *2.2. Actuaciones del proyecto CLAMBER*

CLM, como ya se ha comentado anteriormente, disponía de una gran cantidad de biomasa pero el conocimiento y el número de instalaciones necesarias para valorizarla eran limitados. Para revertir esta situación y cumplir con los objetivos del proyecto, se realizaron dos actuaciones principales: una compra de conocimiento y la construcción de una biorrefinería a escala demostrativa.

### 2.2.1. Compra de conocimiento

Se emitió una serie de licitaciones bajo la modalidad de Compra Pública Precomercial (CPP) por valor de 8,6 millones de euros para la realización de proyectos de I+D cuyos objetivos eran la selección de materias primas óptimas, la mejora y desarrollo de nuevos bioprocesos, el desarrollo de nuevos bioproductos y otros temas más transversales como la investigación socioeconómica, nuevos modelos de negocio, logística, y otros retos tecnológicos. Por tanto, alineadas con la Estrategia Europea de Investigación presentada en el Programa Horizonte 2020, las licitaciones publicadas englobaban los servicios de investigación, desarrollo e innovación para la utilización integral de diferentes residuos que suponen un reto en CLM.

Para garantizar el acceso a soluciones tecnológicas avanzadas e innovadoras y para fomentar la cooperación público-privada con empresas dedicadas a la I+D, se eligió la CPP como instrumento de contratación, pues, por sus características, permite primar la calidad técnica y la innovación antes que el precio y la adjudicación a varios licitadores (si presentasen propuestas diferentes para valorizar un residuo). Además, se dispone de una mayor flexibilidad a la hora de alcanzar el fin último. De esta manera, CLAMBER quiso sumarse a los esfuerzos del MINECO para que las compras que realizan las distintas administraciones públicas españolas contribuyan al fomento del desarrollo tecnológico de las empresas.

Se presentaron 60 propuestas, a partir de las cuales se desarrollaron 39 estudios de viabilidad, que conllevaron finalmente la ejecución de 19 proyectos de I+D, que llevaban incluso a la ejecución de experimentación a escala planta piloto. En cada una de las fases de adjudicación y en el seguimiento de los proyectos, se contó con la asistencia técnica del CIEMAT. A continuación, se presenta un pequeño resumen de esos proyectos:

#### 1. Biomasa lignocelulósica:

- a) *Residuos leñosos*. Adjudicatario: Fundación Universidad Alcalá. Objeto: obtención de biochar, bio-oil y biocombustibles a partir de residuos leñosos.
- b) *Residuos herbáceos*. b.1) Adjudicatario: Biopolis. Objeto: obtención de bioplásticos a partir de restos de lavanda una vez recuperado el extracto. b.2) Adjudicatario: Neol. Objeto: obtención de aceite rico en ácidos grasos poliinsaturados omega-3 a partir de la paja de trigo.
- c) *Cultivos lignocelulósicos*. Adjudicatario: Neol. Objeto: obtención de aceite rico en ácidos grasos poliinsaturados omega-3 a partir de los residuos leñosos de la camelina.
- d) *Biomasa no fermentable (lignina)*. Adjudicatario: Natac/Alvinesa. Objeto: obtención de un ingrediente funcional con características antioxidantes a partir de sarmientos y raspones de la vid.



2. Biomasa oleaginosa: *cultivos y residuos*. Adjudicatario: Camelina Company España. Objeto: aprovechamiento integral del cultivo de la camelina para la obtención de alimento animal y extracto para el sector nutracéutico a partir de la cascarilla y la harina del grano y biocombustibles y bioplásticos a partir del aceite.
3. Biomasa residual agroalimentaria:
  - a) *Residuos vinícolas*. a.1) Adjudicatario: Natac. Objeto: obtención de aceite funcional, compuestos con alto poder antioxidante y otros compuestos bioactivos a partir de las piquetas, pepitas y hollejos de uva. a.2) Adjudicatario: Ainia. Objeto: obtención de aceite de semilla, polifenoles, biotransformados para el sector agro, fibra/proteína de uva y biogás a partir de hollejos, semillas y lías de uva.
  - b) *Alperujo*. Adjudicatario: Innovaoleo. Objeto: obtención de oleocantal, hidroxitirosol, y otros compuestos minoritarios para la industria cosmética y nutracéutica a partir del alperujo de la cornicabra.
  - c) *Lactosuero*. Adjudicatario: Biopolis. Objeto: obtención de lactulosa, polihidroxialcanoatos (PHA) y ácido d-láctico para el sector nutracéutico y para la producción de bioplásticos.
  - d) *Residuos cárnicos*. Adjudicatario: Biogas Fuel Cell. Objeto: producción de biogás, biodiésel y biofertilizantes a partir de residuos cárnicos.
  - e) *Aguas residuales de alta carga*: e.1) Adjudicatario: Alvinesa. Objeto: obtención de ingredientes funcionales para la nutrición animal, fertilización y sector nutracéutico a partir de vinazas. e.2) Adjudicatario: Biomasa Peninsular. Objeto: obtención de compost, biogás, hidrógeno y ácidos grasos volátiles a partir de vinazas.
4. Biomasa residual ganadera y no agroalimentaria:
  - a) *Estiércoles*. a.1) Adjudicatario: Ainia. Objeto: obtención de fertilizantes granulados, biogás, hidrógeno y ácidos grasos volátiles a partir de estiércoles. a.2) Adjudicatario: Purines Almazán. Objeto: obtención de biochar, biosyngas, biocombustibles y fertilizantes a partir de camas de pollo y purín de cerdo.
  - b) *Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU)*. Adjudicatario: Biomasa Peninsular. Objeto: obtención de compost, biogás, hidrógeno y ácidos grasos volátiles a partir de la FORSU procedentes del sector hostelero.
  - c) *Lodos de depuradora*. Adjudicatario: Ainia. Objeto: obtención de fertilizantes granulados, biogás, hidrógeno y ácidos grasos volátiles a partir de lodos de depuradora.

- d) *Glicerina*. Adjudicatario: Tecnalia. Objeto: obtención de glicerina purificada y de carbonato de glicerol para la producción de biopolímeros a partir de la glicerina procedente de la producción de biodiésel.
- e) *Valorización no energética del biogás*. Adjudicatario: Biopolis. Objeto: obtención de bioplásticos a partir del biogás producido en una planta de digestión anaerobia de purines, estiércoles y gallinaza.

Puesto que no fue una ayuda, sino una compra, el IRIAF es actualmente el propietario del 50 % del conocimiento generado en cada uno de los proyectos. Además, una vez finalizados dichos proyectos, CLAMBER sigue colaborando con muchos de los adjudicatarios e incluso varios de ellos son socios en proyectos de financiación competitiva que se están desarrollando actualmente. Por lo tanto, con esta herramienta, CLAMBER, además de adquirir conocimiento, ha sentado las bases de las futuras líneas de investigación dentro de la biorrefinería.

### 2.2.2. Construcción de una biorrefinería a escala demostrativa

La segunda actuación del Proyecto CLAMBER fue la construcción de una biorrefinería a escala demostrativa.

La Biorrefinería de I+D+i CLAMBER está situada en Puertollano, junto al Complejo Petroquímico de Repsol. Se utilizó una parcela de 19.000 m<sup>2</sup>, donde se urbanizaron 5.130 y, dentro de los cuales, se construyó una nave de 1.700, donde 1.400 se dedican a albergar los equipos de la biorrefinería y 600, en dos plantas, para recepción, oficinas y laboratorio. En la Figura 1 se observa una fotografía del edificio principal.

Es la primera biorrefinería tecnológicamente avanzada a escala de demostración en España, diseñada y construida para que aquellas empresas u organismos que tengan desarrollado un bioproceso novedoso a escala laboratorio puedan realizar experimentos de escalado en un tamaño muy cercano al industrial para determinar su viabilidad técnica y económica, así como optimizar los parámetros de operación para el posterior diseño y construcción de la planta a escala industrial. En definitiva, se minimizan enormemente los costes necesarios para desarrollar industrialmente una idea.

Desde el comienzo del Proyecto CLAMBER, la biorrefinería se diseñó para desarrollar e investigar procesos eminentemente biológicos, dejando a un lado los tratamientos termoquímicos de la biomasa puesto que ya existía en España otra instalación pública, el CENER, donde desarrollarlos y, a instancias del MINECO, se buscó la complementariedad antes que la competencia.

Figura 1. Edificio principal de la biorrefinería de I+D+i CLAMBER



La Biorrefinería de I+D+i CLAMBER dispone de dos líneas de investigación principal:

1. Valorización de residuos lignocelulósicos (sarmientos de la vid, ramón de olivo, restos de poda, paja residual, etc.).
2. Valorización de biomasa húmeda fermentable (purines, lactosuero, fangos de depuradora, harinas cárnicas, etc.).

Adicionalmente, también se previó una línea de investigación para valorizar biomasa oleaginosa cuya construcción se acometerá en futuras ampliaciones de la planta.

La diferencia fundamental de la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER con respecto al resto de plantas en Europa son principalmente las siguientes:

- Otras instalaciones obtienen bioproductos a partir de fuentes de carbono comerciales (glucosa, fructosa, etc.), que suponen un coste muy elevado; o cultivadas (caña de azúcar, maíz, remolacha, etc.), que plantean conflictos éticos relacionados con cultivos destinados a la alimentación, deterioro del suelo, uso de fertilizantes y problemas derivados de monocultivos extensos. En contraposición, la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER dispone de un sistema de pretratamiento basado en un sistema de explosión a vapor (*steam explosion*), que trabaja en continuo, que es capaz de tratar una tonelada al día (con posibilidad de triplicar su producción si trabaja a tres turnos) y que permite la obtención de bioproductos de elevado valor añadido a partir de residuos leñosos y herbáceos (restos de poda, sarmientos, paja de cereal, etc.), mucho más baratos, abundantes y que no entran en competencia con la producción de alimentos.

Por ejemplo, de estos residuos podría obtenerse bioetanol, plásticos biodegradables o productos químicos de base, a partir de los que se producirían otros más complejos.

- Otra característica diferenciadora es el tamaño relevante de sus instalaciones, en la que se realizarán los procesos de investigación a un escalado casi industrial. La Biorrefinería de I+D+i CLAMBER cuenta, por lo tanto, con un gran potencial de impacto socio-económico y de posicionamiento de CLM en el campo de la biotecnología internacional. Por ejemplo, dispone de un fermentador de 20 m<sup>3</sup>, que supera en un 25 % el volumen del mayor fermentador que se pueda encontrar en otras instalaciones europeas parecidas.

La Biorrefinería de I+D+i CLAMBER está concebida como una planta flexible y modular, por lo que podrá ser susceptible de futuras ampliaciones y así seguir albergando gran diversidad de bioprocesos. Las distintas unidades de proceso que conforman actualmente la planta CLAMBER son las siguientes:

#### Unidad de acondicionamiento y pretratamiento de biomasa lignocelulósica

En esta unidad se acondicionan los restos de poda, tanto leñosos como herbáceos, procedentes de la industria agroalimentaria y forestal (vid, olivo, paja de cereal...) para poder ser utilizados en unidades posteriores. Este tipo de biomasa contiene lignocelulosa, que es uno de los principales componentes de las plantas. De la lignocelulosa se desean obtener los azúcares que serán transformados por diferentes tipos de microorganismos en diversos bioproductos. Sin embargo, estos azúcares forman parte de complejas estructuras inaccesibles, por lo que el objetivo de esta unidad es realizar los tratamientos necesarios para liberar los azúcares y así poder ser transformados en bioproductos. En la Figura 2 se observa una fotografía de dicha unidad.

#### Unidad de Fermentación

La Biorrefinería de I+D+i CLAMBER dispone de un tren de fermentación donde se pueden realizar experimentos de producción de bioproductos de interés a partir de la transformación microbiana (fermentación) de los azúcares procedentes de la anterior unidad a diferentes escalas: 3, 30, 300, 3.000 y 20.000 litros de capacidad, siendo este último equipo, como ya se ha comentado anteriormente, un factor que diferencia a la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER con respecto a otras plantas piloto existentes en Europa, al tratarse de volúmenes de escala casi industrial. En la Figura 3 se observa una foto de dicha unidad.

Figura 2. Unidad de acondicionamiento de biomasa lignocelulósica



Figura 3. Unidad de fermentación



### Unidad de purificación

Esta unidad está destinada a la purificación y concentración de los productos obtenidos en la unidad de fermentación. Dispone de dos sistemas de separación sólido-líquido: centrifugación y microfiltración. En la Figura 4 se observa una foto de dicha unidad.

Figura 4. Unidad de purificación y concentración



### Planta de digestión anaerobia

Se dispone de una unidad de digestión anaerobia modular, autónoma y transportable donde los residuos orgánicos húmedos fermentables (purines, lactosueros, FORSU, subproductos alimentarios no destinados a consumo humano regulados por la Normativa Sandach, etc.) sufran, por medio de microorganismos y en ausencia de oxígeno, una descomposición de la materia orgánica que contienen, obteniendo dos productos: biogás, que puede utilizarse para producir energía eléctrica o para otros usos no energéticos, y digestato de materia orgánica, para la obtención de abonos y biofertilizantes. En la Figura 5 se observa dicha unidad.

Figura 5. Unidad de digestión anaerobia



### Depuradora

La depuradora de la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER está formada por humedales artificiales. En los humedales crecen y se desarrollan diferentes tipos de vegetales, animales y microorganismos adaptados a condiciones de inundaciones temporales y/o permanentes. En este tipo de ecosistema se desarrollan también determinados procesos físicos y químicos capaces de depurar el agua ya que eliminan grandes cantidades de materia orgánica, sólidos en suspensión, nitrógeno, fósforo e incluso productos tóxicos, generando, en los momentos de poda de las plantas acuáticas, una nueva biomasa que puede volverse a alimentar a la biorrefinería y que de otra manera se vertería al cauce público. Este sistema de depuración de aguas también será fruto de estudio e investigación en CLAMBER. En la Figura 6 se observan dos fotos de la depuradora.

Figura 6. Depuradora



### 2.3. Impacto

El proyecto CLAMBER se considera estratégico para la región de CLM, ya que apuesta por el desarrollo de un sector emergente con perspectivas de gran dimensión y largo alcance, cuyos resultados tienen gran potencial en el contexto internacional. Se estima que cada euro invertido en la investigación y la innovación en bioeconomía financiadas por la UE generará diez euros de valor añadido en los sectores bioeconómicos en 2025. Pero el impacto que el proyecto CLAMBER podría alcanzar no se limita únicamente al ámbito económico, sino también en los ámbitos social, medioambiental y tecnológico, además de incrementar la capacidad innovadora de la región tanto en su ámbito público como privado. A continuación, se explica el potencial impacto asociado a los resultados esperados.

#### 2.3.1. Resultados esperados

Fomentar la bioeconomía en la región de Castilla-La Mancha era y sigue siendo el objetivo principal del proyecto CLAMBER y primer resultado esperado. La obtención de los resultados deseados daría a Castilla-La Mancha una proyección internacional muy positiva pudiendo convertirse en uno de los polos de referencia de la bioeconomía, además de impactar positivamente a nivel científico-tecnológico y socioeconómico en la región.

La explotación de estos resultados directos proporcionaría a corto-medio plazo otros resultados indirectos en términos de proyección internacional, ya que se promovería el desarrollo de un centro de referencia, posicionando al IRIAF como responsable de la definición e implementación de la estrategia de bioeconomía de la región, y referente claro en términos internacionales. Por un lado, el IRIAF asegurará la formación y entrenamiento de operarios en los bioprocesos industriales o tecnologías propuestos, así como la gestión de biomasa o la comercialización de bioproductos. Por otro lado, fomentará las interconexiones de este nuevo sector de la biorrefinería con el tejido industrial de la región mediante la creación de clústeres que a su vez buscarán sinergias con otros clústeres de energía internacionales. De esta forma se



espera favorecer la translación de conocimiento al tejido industrial, salvando el hueco existente hoy en día en la cadena de valor de la innovación dentro de esta área.

La obtención de los resultados deseados en CLAMBER daría a CLM la posibilidad de convertirse en uno de los polos de referencia de la bioeconomía, ya que no existen referentes en España y son muy escasos a nivel europeo. En lo que concierne a Europa, existen algunos ejemplos de biorrefinerías en funcionamiento que puedan ser comparables al proyecto ambicioso que se propone en CLAMBER.

### 2.3.2. Impacto en la región

La explotación de los resultados científico-tecnológicos obtenidos durante el desarrollo de CLAMBER impactará de forma muy positiva tanto al IRIAF, como al tejido industrial y científico de la región. Por otro lado, la consecución del objetivo último del proyecto, que es la implementación de la bioeconomía en CLM como modelo económico basado en el sector de la biorrefinería, supondría un importante cambio que repercutiría favorablemente sobre los indicadores socio-económicos de la región, además de proyectarla a nivel internacional.

A continuación se enumeran los principales beneficios socio-económicos para el IRIAF y la región de CLM:

- a) Atracción de empresas y centros de investigación nacionales e internacionales que deseen experimentar en la planta.
- b) Alternativas para la gestión y valorización de residuos así como el cultivo de tierras abandonadas.
- c) Impulsión y atracción del tejido empresarial que desee invertir en las nuevas oportunidades que ofrece la bioeconomía, mediante acceso a los resultados de los proyectos: bioprocesos y/o bioproductos.
- d) Aumento de empleo directo e indirecto así como fomento del carácter emprendedor.
- e) Innovación de sectores tradicionales, incrementando su competitividad y capacidad de concurrir con los países europeos más innovadores en el nuevo reto europeo de la bioeconomía.
- f) Creación de un sistema de cooperación público-privado eficiente, orientado al avance científico-tecnológico y motor de iniciativas de alcance europeo e internacional.
- g) Creación de un polo tecnológico en la región para activar sinergias con las empresas tanto productoras de la biomasa como usuarias de los bioproductos y fomentar la creación y la explotación de nuevos nichos de mercados. En este sentido se considera de fundamental importancia establecer una colaboración con el cluster petroquímico existente en la región.

De la misma manera, se pueden destacar ciertos impactos de carácter medioambiental, puesto que CLAMBER supone la incorporación de nuevas formas de energía renovables en CLM y en España, lo que puede contribuir al cumplimiento de los compromisos adquiridos internacionalmente relativos al cambio climático. De hecho, si las expectativas de CLAMBER en cuanto a la producción de biocombustibles se cumplieren, no solo se podría posicionar CLM entre los primeros puestos en el uso de las energías renovables sino que podría contribuir a alcanzar los porcentajes exigidos por la Directiva 2009/28/EC (20 % de combustibles producidos de forma sostenible y un 10 % en el caso del transporte), que actualmente están por debajo del umbral exigido (13,8 % y 4,7 % respectivamente).

Otros beneficios medioambientales de alcance son la contribución a la seguridad en la provisión de energía al disminuir la dependencia de combustibles fósiles y utilizar cada vez más materias renovables, y la disminución de la generación de gases de efecto invernadero al apostar por biocombustibles de segunda generación, en cuya producción se utilizan residuos que de no ser valorizados podrían emitir este tipo de gases.

### 3. Actualidad de la biorrefinería de I+D+i CLAMBER

La JCCM tiene como objetivo alcanzar la autofinanciación de la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER en los próximos años mediante proyectos con financiación competitiva y contratos con empresas.

En la actualidad, en la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER se están desarrollando dos proyectos europeos con financiación competitiva:

- El Proyecto BIOREGIO, de la convocatoria INTERREG EUROPE de 2016, con un presupuesto total de 1,3 millones de euros y que tiene un periodo de ejecución desde enero de 2017 hasta diciembre de 2021. Es un proyecto donde CLAMBER colabora con la Viceconsejería de Medio Ambiente y se basa en compartir con otras regiones europeas las políticas de gestión y las buenas prácticas en materia de valorización de la biomasa.
- El Proyecto URBIOFIN de la convocatoria JTI-BBI-2016, con un presupuesto total de 15 millones de euros y que tiene un periodo de ejecución desde junio de 2017 hasta junio de 2021. CLAMBER tiene un presupuesto de 1,3 millones de euros, trabaja con socios como Urbaser, Ciemat, Imecal, Ainia, Biomasa Peninsular, Universidad de Wageningen, Novozymes, etc. y se basa en la valorización de la fracción orgánica de los RSU para obtención de productos de alto valor añadido, en concreto, dentro del CLAMBER, para la producción de PHA de cadena corta y de cadena media, ambos precursores de los bioplásticos.

Adicionalmente, se están llevando a cabo varios trabajos contratados por empresas para la investigación y escalado de procesos fermentativos de diferentes residuos.

La JCCM es consciente de la dificultad de alcanzar esa autofinanciación, así que la está apoyando de una manera notable mediante los fondos propios de la JCCM, con los que en el año 2018 ha dotado a la Biorrefinería de I+D+i CLAMBER de un presupuesto total de aproximadamente 1,4 millones de euros. Con estos presupuestos se desarrollan los proyectos ya comprometidos y se realizan nuevas inversiones con el fin de ampliar la oferta tecnológica de CLAMBER.

## Referencias bibliográficas

- AGECAM (2002): «La biomasa en Castilla-La Mancha»; *Jornada IDAE CCOO*.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2016).
- MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA (2011): *Programa Operativo de Investigación, Desarrollo e Innovación para el beneficio de las empresas - Fondo Tecnológico 2007-2013*.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIOAMBIENTE (2016): *Anuario de Estadística*.
- NATIONAL SCIENTIFIC BOARD, DIGEST, NSF (2011): *Key Science and Engineering Indicators (2010)*.
- OECD (2011): *Research & Development Statistics*. <http://cordis.europa.eu/erawatch>.
- PROBIOGAS (2011): *Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España*.
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE FRUTAS Y HORTALIZAS, ACEITE DE OLIVA Y VITIVINICULTURA. DIRECCIÓN GENERAL DE PRODUCCIONES Y MERCADOS AGRARIOS. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2016): *Potencial de producción vitícola en España*.