



# ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LAS BIORREFINERÍAS AGROALIMENTARIAS ANDALUZAS: Herramientas para su priorización

José Carlos Quintela / José María Pinilla



## ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	4
<b>1. DISPONIBILIDAD DE BIOMASAS. FACTORES A CONSIDERAR</b>	6
1.1. Localización de la biomasa	6
a. Biomasa localizada	6
b. Biomasa disponible no localizada	7
c. Biomasa cultivada o producida <i>ad hoc</i>	8
1.2. Disponibilidad	9
a. Volumen anual	9
b. Estacionalidad y perechibilidad	10
1.3. Potencial de las biomosas	12
1.4. Clasificación de algunas de las biomosas agrícolas disponibles en Andalucía	15
<b>2. ANÁLISIS DE MERCADO</b>	17
2.1. Análisis de productos innovadores vs productos <i>commodities</i>	17
2.2. Volumen de mercado	21
2.3. Potenciales bioproductos obtenidos a partir de las biomosas agrícolas disponibles en Andalucía	24
<b>3. TECNOLOGÍA</b>	25
3.1. Existencia de tecnología madura para la producción de estos productos/energía	25
3.2. Instalaciones piloto e instalaciones demo	26
3.3. Tecnologías necesarias para el procesamiento de las biomosas agrícolas disponibles en Andalucía	27
<b>4. VIABILIDAD DE LAS BIORREFINERÍAS – IMPORTANCIA DE LOS PRODUCTOS TRACTORES</b>	29
4.1 Productos tractores	29
a. Productos tractores primarios	29
b. Productos tractores secundarios	29
4.2. Bioproductos gregarios	30
4.3. Biorrefinerías integrales y multiproducto vs biorrefinerías monoproducto	30
4.4. Productos tractores y gregarios que se pueden obtener a partir de las biomosas agrícolas disponibles en Andalucía	32
<b>5. LOGÍSTICA Y LOCALIZACIÓN DE LAS BIORREFINERÍAS</b>	34
5.1. Localización de las biorrefinerías	34
5.2. Ventajas competitivas de la gestión logística y la ubicación	35

<b>6. SOSTENIBILIDAD</b>	37
6.1. Sostenibilidad medioambiental	37
6.2. Sostenibilidad social	39
<b>7. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA</b>	42
<b>8. FACTORES ADICIONALES</b>	53
8.1. Modelos de negocio y análisis de la cadena de valor. Colaboración entre diferentes sectores industriales	53
8.2. El valor real de la biomasa	53
8.3. Modelo industrial	54
8.4. Importancia del precio de venta	54
<b>9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES</b>	56

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo pretende ser una herramienta de análisis para favorecer la viabilidad de las biorrefinerías agroalimentarias en Andalucía. Asimismo, supone un estudio teórico-práctico aplicable a proyectos industriales que empleen otras biomásas y de otros sectores, en el que el objetivo fundamental sea estudiar la viabilidad de una biorrefinería o bioindustria. En este trabajo se prestará especial atención a las biomásas agrícolas más abundantes en Andalucía y, concretamente, se analizará en mayor profundidad las biomásas procedentes del olivar, viñedo, cítricos, productos hortícolas, frutales no cítricos y frutos rojos.

Se recomienda la lectura de este estudio junto con otros documentos como la Estrategia Andaluza de Bioeconomía Circular <sup>1</sup>, el Manual Sobre Las Biorrefinerías En España de las Plataformas Tecnológicas Españolas de Biomasa para la Bioeconomía (BIOPLAT) y de Química Sostenible (SusChem-España) <sup>2</sup> y la estrategia española de bioeconomía <sup>3</sup>. Otros documentos de referencia son también el estudio Bioeconomía y Desarrollo Sostenible, publicado por Cajamar <sup>4</sup>, y la estrategia Europea de Bioeconomía <sup>5</sup>

Este estudio consta de nueve capítulos en los que se analizan distintos factores de gran importancia a la hora de definir la estrategia para la creación de una biorrefinería o bioindustria y cuyo análisis y alineamiento puede contribuir a garantizar la viabilidad de un proyecto industrial.

La **disponibilidad de la biomasa** es uno de los aspectos más críticos para determinar la estrategia a seguir. La localización de la biomasa debe ser considerada inicialmente como un factor muy importante para decidir la ubicación de una biorrefinería. Se analizarán las ventajas e inconvenientes de la biomasa localizada, la biomasa disponible no localizada y la biomasa cultivada o producida específicamente para una biorrefinería. Asimismo, se estudiarán factores como el volumen anual disponible, los conceptos de estacionalidad y perecibilidad de la biomasa, y se estudiará el potencial de cada una de las biomásas analizadas para la obtención de diversos tipos de bioproductos y sus mercados.

Un correcto **análisis de mercado** es el segundo de los factores que se evalúa en este estudio. En principio, un modelo de biorrefinería permite desarrollar una

---

<sup>1</sup> [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Estrategia\\_Andaluza\\_Bioeconomia\\_Circular\\_EABC\\_18.09.2018.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Estrategia_Andaluza_Bioeconomia_Circular_EABC_18.09.2018.pdf)

<sup>2</sup> [http://www.suschem-es.org/docum/pb/2017/publicaciones/Manual\\_de\\_Biorrefinerias\\_en\\_Espana\\_feb\\_2017.pdf](http://www.suschem-es.org/docum/pb/2017/publicaciones/Manual_de_Biorrefinerias_en_Espana_feb_2017.pdf)

<sup>3</sup> <http://bioeconomia.agripa.org/download-doc/102163>

<sup>4</sup> <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/publicaciones-periodicas/mediterraneo-economico/31/mediterraneo-economico-31.pdf>

<sup>5</sup> [https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec\\_bioeconomy\\_strategy\\_2018.pdf#view=fit&pagemode=none](https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf#view=fit&pagemode=none)

amplia gama de bioproductos diferentes. De la correcta elección de aquellos bioproductos considerados claves o prioritarios depende en gran medida la viabilidad del modelo planteado. Se analizarán las ventajas e inconvenientes de los productos innovadores frente a los productos *commodities*<sup>6</sup>, más conocidos en el mercado y con menor grado de innovación. Se estudiará, igualmente, qué tipo de bioproducto se puede obtener a partir de cada biomasa y cuál es el volumen que demanda cada uno de los mercados objetivo.

El tercer aspecto clave que debe tenerse en cuenta en la estrategia para el diseño de una biorrefinería es **la tecnología necesaria** para obtener cada uno de los diferentes tipos de bioproductos. El propio concepto de biorrefinería y bioeconomía circular supone el uso de tecnologías sostenibles, pero siendo así, puede optarse por tecnologías tradicionales o bien por tecnologías más innovadoras, con las implicaciones que una u otra pueden suponer. En este capítulo, se reflexiona también sobre la necesidad de disponer de plantas piloto con diseño preindustrial y plantas demostrativas, así como de los problemas que conlleva para muchas compañías la obtención de los primeros lotes de bioproducto a escala preindustrial.

En el análisis de **viabilidad de las biorrefinerías** se definen los conceptos de bioproducto tractor y bioproducto gregario, aspectos críticos que condicionan la ubicación de las bioindustrias, su diseño y su viabilidad. El número de bioproductos a desarrollar, la dependencia entre sí de cada uno de los bioprocesos y el diseño del flujo global de la biorrefinería son claves en este análisis de viabilidad. Así, se realiza un estudio práctico de viabilidad económica empleando tres estrategias diferentes para el diseño de una biorrefinería, a fin de poder extraer conclusiones del impacto económico que pueden tener los factores analizados en los diferentes capítulos de este estudio.

Otro factor clave para garantizar el éxito de estas biorrefinerías o bioindustrias es la necesidad de favorecer la formación de **alianzas estratégicas**, *joint ventures* u otras formas de colaboración entre diferentes operadores industriales. Es necesario fomentar la comunicación y colaboración entre agentes con conocimientos complementarios, tanto de investigación, desarrollo y tecnología, como conocimiento industrial y del mercado al que van destinados los bioproductos generados.

Finalmente, se recogen una serie de **conclusiones y recomendaciones** que, desde un punto de vista práctico, pueden ser esenciales para determinar el éxito en la creación de nuevas biorrefinerías en Andalucía.

---

<sup>6</sup> El término hace referencia a productos genéricos y no diferenciados en el mercado, cuya calidad y especificación técnica es muy parecida entre distintos fabricantes. Su precio es normalmente fijado por la oferta y la demanda en el mercado.

## 1. DISPONIBILIDAD DE BIOMASAS.

### FACTORES A CONSIDERAR

---

La disponibilidad de biomasa es, quizá, el factor más importante que directamente incide en la viabilidad de una biorrefinería o bioindustria, de forma que la cantidad de biomasa disponible, su coste y su ubicación respecto a la localización de la bioindustria, son factores claves a considerar en su viabilidad futura.

En esta sección se analizan los distintos tipos de biomasa en función de la localización en la que ésta se encuentra respecto a la ubicación de la biorrefinería o bioindustria, a la vez que se estudia la importancia de la cantidad anual disponible y de otros factores como la estacionalidad y perecibilidad de la biomasa. Por último, se analizan los distintos tipos de bioproductos que, de forma genérica, pueden obtenerse.

#### 1.1. Localización de la biomasa

Como se irá señalando en diferentes secciones de este estudio, la localización de la biomasa es uno de los factores más limitantes en el diseño e implantación de una biorrefinería o bioindustria. Esencialmente, las biomásas agrícolas como la biomasa procedente del olivar, viñedo, cultivos cítricos, cultivos hortícolas, frutales no cítricos o frutos rojos, sigue las fases de cultivo, recolección, transporte, almacenamiento y, en ocasiones, procesado industrial. En función de la ubicación final y la disponibilidad que exista, las biomásas pueden clasificarse en tres tipos diferentes: biomasa localizada, biomasa disponible no localizada y biomasa cultivada o producida *ad hoc*.

##### a. Biomasa localizada

Se hace referencia en este caso a todos aquellos tipos de biomásas que ya se encuentran disponibles en una zona agroindustrial determinada y que se originan, en la mayoría de los casos, debido a un procesamiento de productos agroindustriales y que genera *in situ* un residuo o subproducto. Este es el caso de, por ejemplo, la biomasa proveniente de la industria del aceite de oliva (biomasa de las almazaras: alperujo, alpechín, orujo), la biomasa de la industria vitivinícola (orujo de uva) o la biomasa procedente de cultivos en invernadero o destríos. Pueden incluirse también en este apartado otros tipos de biomasa que son

gestionadas y almacenadas por otras razones (legales, ambientales, etc.) como los residuos sólidos urbanos, lodos de depuradora (EDAR), residuos peligrosos, entre otros. Son, en resumen, todas las biomásas que se generan en una ubicación concreta o transportadas a un lugar determinado, y para el que ya existe una cadena logística creada.

En principio, este tipo de biomásas agroalimentarias son las más atractivas para la obtención de productos en un modelo de biorrefinería o bioindustria, ya que la actividad industrial existente garantiza la disponibilidad de esa biomasa. En este sentido, su coste inicial suele ser muy bajo ya que suelen ser productos que una industria genera en su proceso industrial en la producción de un primer bien que justifica la inversión inicial. Dicho de otro modo, en la industria del aceite de oliva, el producto que justifica económicamente la inversión en la recolección y procesamiento de la aceituna es el aceite, mientras que el orujo o alperujo que se genera es una consecuencia del proceso. Asimismo, la disponibilidad de biomasa en un modelo de estas características no suele sufrir oscilaciones interanuales importantes, manteniéndose un volumen anual conocido y en el que además existe un registro histórico de disponibilidad y coste.

### **b.- Biomasa disponible no localizada**

Es este caso, el punto de partida es una materia prima con interés para la generación de biomasa, pero que no se encuentra localizada en una determinada zona agroindustrial, bien porque se encuentra en el campo, o bien porque se encuentra en una industria agroalimentaria en circunstancias que no puede ser procesada en el entorno cercano donde ésta es generada. En este caso debe establecerse un sistema de compra, recogida, transporte y almacenamiento hasta la ubicación industrial donde se ubicará la biorrefinería o bioindustria. Un ejemplo de este tipo de biomásas son los restos de poda o la biomasa procedente de los restos de cosecha.

Este tipo de biomásas son normalmente gestionadas en origen, debido a que se dejan directamente en el campo hasta su degradación, se queman, o porque son gestionadas de manera atomizada sin un flujo de gestión definido. Estas materias primas pueden constituir también el punto de partida para el diseño de una biorrefinería que aproveche y dé valor a estas biomásas, pero es necesario tener en cuenta una serie de factores y retos adicionales: costes logísticos (recogida, transporte y almacenamiento), disponibilidad interanual (puede variar en mayor medida) y el potencial incremento de precio a medida que el sistema se consolida año a año. Estos factores propician que exista un coste de partida adicional en comparación con el caso anteriormente descrito, y hace necesario crear un nuevo sistema logístico de partida que gestione y haga disponible esta biomasa no localizada.

La creación de centros logísticos de recogida de biomasa es una opción que puede dar buen resultado para el aprovechamiento de la misma, sumado a la obtención de determinados tipos de bioproductos, como la bioenergía. No obstante, hay que establecer medidas que incentiven a los agricultores a depositar en estos centros la biomasa que generan.

---

*El orujo de uva es una biomasa localizada mientras que el resto de poda de la viña es una biomasa no localizada.*

---

### c.- Biomasa cultivada o producida *ad hoc*

En esta última categoría se incluyen las biomásas que son cultivadas *ad hoc* para la producción de bioproductos o energía. En este epígrafe situamos, por ejemplo, el cultivo de microalgas o los cultivos energéticos. Normalmente se trata de cultivos nuevos para los que no existe una demanda concreta en el mercado y para los que necesitamos desarrollar toda la cadena de cultivo y suministro desde el principio. Es obvio que, en estos casos, los costes de la biomasa serán muy superiores a los mostrados en epígrafes anteriores, por lo que será necesario encontrar uno o varios bioproductos que actúen como elementos tractores de toda la cadena y que garanticen la viabilidad económica de estas bioindustrias. En este caso, los costes asociados a la creación de la biorrefinería o bioindustria incluyen el cultivo, la recolección, el almacenamiento, y los costes logísticos asociados a su gestión y transporte. Además, en el caso de cultivos energéticos es necesario tener en cuenta la no competencia con su potencial uso alimentario. En algunos casos, la propia demanda de mercado sobre un determinado bioproducto obtenido a partir de una biomasa cultivada *ad hoc* puede promover el aumento de la superficie cultivable para la obtención de más cantidad de biomasa. En este caso, el aprovechamiento de la biomasa como subproducto agrícola pasa a convertirse en el producto principal que se obtiene a partir de dicho cultivo que rentabiliza promover nuevos cultivos. Este es el caso del cultivo de microalgas o de algunos cultivos específicos con las que se puede obtener un bioproducto de alto valor añadido que justifica toda la cadena de gestión.

Como se ha señalado previamente, si bien este tipo de biomásas pueden ser un buen punto de partida para la creación de biorrefinerías viables, los retos a abordar son mucho más elevados que en casos anteriores y, normalmente, su implantación industrial será más lenta.



## 1.2. Disponibilidad

El segundo factor que más influye en el diseño de una biorrefinería o bioindustria es la disponibilidad de la biomasa agrícola. En este apartado analizamos de forma genérica la relevancia tanto de los volúmenes anuales disponibles, como de factores como la estacionalidad o la perecibilidad de la biomasa. Posteriormente, en el apartado 1.4, se hará una clasificación de las principales biomásas agrícolas andaluzas en función de todos los criterios analizados.

### a. Volumen anual

Como se ha señalado, en el diseño de una biorrefinería es crítico garantizar la disponibilidad de biomasa para hacer frente a las necesidades del mercado, por lo que la disponibilidad de la biomasa es el factor que, inicialmente, más limita el tipo de bioproducto a obtener y el mercado a abordar. La demanda está muy asociada al valor del producto y al mercado al que va destinada. La industria cosmética, por ejemplo, demanda volúmenes relativamente pequeños, por lo que un bioproducto destinado a cosmética precisará de unas pocas toneladas anuales de biomasa. En cambio, si el objetivo es desarrollar un aditivo para nutrición animal, la cantidad de biomasa necesaria será probablemente del orden de 100 veces superior, o incluso más.

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de una bioindustria es la garantía de disponibilidad interanual de la biomasa. Por esta razón, es difícil y arriesgado crear una bioindustria sobre una biomasa relativamente nueva en la región de la que no haya garantías de disponibilidad anual en un horizonte de 10 o 20 años.

La disponibilidad anual de biomasa está estrechamente ligada al factor localización analizado en el anterior apartado. De modo que puede plantearse la relevancia del volumen anual disponible en función de la localización de la biomasa.

- i) En las biomásas localizadas, el volumen anual vendrá determinado por la cantidad de biomasa que genera una bioindustria ya creada en una ubicación concreta. En este caso, la biomasa disponible en esa ubicación limitará el tipo de bioproducto a desarrollar. Es decir, si se desarrolla un producto de alta demanda en el mercado, como por ejemplo un aditivo para nutrición animal, es necesario poder satisfacer la demanda del sector - o al menos de una parte importante - para poder construir un modelo viable. Si el volumen de producto obtenido no puede garantizar el suministro de al alguno de los clientes objetivo,

la iniciativa industrial se verá comprometida. Por tanto, en el momento del diseño de la biorrefinería es crítico hacer un análisis previo de cantidad máxima que es posible fabricar y demanda mínima que requiere el mercado.

- ii) En las biomásas no localizadas, el análisis es similar al anterior, ya que el volumen anual vendrá determinado por la cantidad de biomasa que produce un determinado sector industrial. No obstante, en este caso hay que tener en cuenta el coste asociado a la recogida, el transporte y el almacenamiento de la biomasa en nuestras instalaciones. Asimismo, hay que considerar que, al no existir una cadena de valor y de suministro creada, el precio de mercado de la biomasa aún no está definido y puede sufrir variaciones de cara a futuro que comprometan la viabilidad de un proceso, bien por aumento en el uso de la biomasa o por competencia con otros usos.
- iii) Las biomásas cultivadas *ad hoc* para la obtención de bioproductos son un caso particular y diferente a los dos analizados previamente. En este caso, el volumen disponible vendrá determinado por la cantidad de biomasa cultivada, lo que hace crítico alinear la superficie cultivada con la producción de biomasa y la demanda de bioproducto en el mercado. También es necesario tener en cuenta la producción de biomasa cultivada por unidad de superficie. Puede que esté disponible la superficie adecuada para generar la biomasa necesaria pero que sea tan grande que genere unos costes logísticos inadmisibles. Una característica adicional de estas biomásas es que la planificación de producción durante los primeros años se hace especialmente complicada, cuando el mercado está creciendo y es más impredecible. En caso de producir bioproductos perecederos en los que además no podemos almacenar el producto durante mucho tiempo, la gestión se hace aún más compleja.

### b.- Estacionalidad y perecibilidad.

Estos dos factores se encuentran estrechamente ligados entre sí, ya que condicionan la disponibilidad de la biomasa y su almacenamiento. Además de la disponibilidad anual de la biomasa que se ha descrito en el apartado anterior, la distribución de la biomasa a lo largo del año es otro factor que limita enormemente la estrategia industrial de la biorrefinería. La disponibilidad se encuentra muy condicionada por la estacionalidad de la biomasa y por su grado de perecibilidad.

Materias primas cuya disponibilidad se encuentra limitada a unos pocos meses, o semanas al año, plantean el principal problema de tener que procesar la biomasa en un período muy corto de tiempo. En este sentido, es necesario producir en poco tiempo una determinada cantidad de bioproducto que dé respuesta a una necesidad de mercado que puede ser difícil de prever, especialmente durante los primeros años de actividad en los que la bioindustria está generando demanda. Además, hace necesario aumentar la escala de la unidad de producción para poder procesar una gran cantidad de biomasa en corto espacio de tiempo.

A modo de ejemplo, obtener un bioproducto partiendo de cerezas de destrío limita el desarrollo del modelo a unas pocas semanas al año, en las que será necesario centrar toda la actividad de investigación, desarrollo de producto y proceso industrial, y en el que el proceso de desarrollo se verá interrumpido hasta la siguiente cosecha. Por el contrario, biomásas como el orujo de uva o de aceituna, que son biomásas que se almacenan y se procesan durante casi todo el año, son potencialmente más atractivas para la creación de biorrefinerías.

Ligado al factor de estacionalidad, se une un segundo aspecto, aún más limitante, que es la perecibilidad de la biomasa. Si la producción de biomasa es estacional, pero existe la posibilidad de almacenarla a un coste razonable, puede organizarse un esquema de explotación a lo largo del año. De este modo, la inversión en infraestructura industrial se reduce, ya que puede procesarse la biomasa a lo largo de todo el año y, paralelamente, puede adecuarse más fácilmente la producción a la demanda puntual del mercado. Como se ha señalado, este es el caso de la biomasa del olivar y de la uva y el vino.

En el caso de biomásas con un alto grado de perecibilidad, puede optarse por sistemas de almacenamiento en frío como la congelación, pero debido al coste de este proceso la producción se verá limitada a productos de muy alto valor añadido que compensen el coste del almacenamiento. Otras medidas alternativas pueden ser el pretratamiento de la materia prima para evitar su degradación, procesos de secado, tratamientos fitosanitarios que disminuyan la degradación microbológica, etc. Aunque, una vez más, es necesario tener en cuenta que estos tratamientos van encareciendo el proceso.

Otro modo de compensar la estacionalidad de la biomasa es desarrollar bioproductos que puedan obtenerse a partir de diferentes biomásas, de forma que programemos un uso secuencial de dichas materias primas a lo largo del año. No obstante, hay pocos bioproductos que pueden obtenerse indistintamente a partir de biomásas diferentes con estacionalidades complementarias. Podría citarse el caso de la bioenergía o los biofertilizantes, que sí podrían adaptarse a una estrategia de estas características. En casos en los que el carácter perecedero de ciertas biomásas no sea limitante para la producción de un determinado producto este factor deja de ser importante.

---

*Las mejores biomásas agroalimentarias para una biorrefinería son aquellas que se producen en altas cantidades y que se pueden almacenar fácilmente durante todo el año.*

---

---

*Biomásas disponibles en elevadas cantidades (miles de toneladas) permiten la obtención de productos de bajo valor añadido para los que existen importantes demandas en el mercado (toneladas). Por el contrario, la explotación de biomásas disponibles en bajas cantidades (decenas de toneladas) sólo será posible si podemos obtener bioproductos de alto valor añadido, cuya demanda en el mercado será de cientos de kilos.*

---

### 1.3. Potencial de las biomásas

De cara a evaluar el potencial de las biomásas y a definir la estrategia de valorización y creación de una biorrefinería o una bioindustria, puede optarse por un enfoque centrado en la biomasa como materia prima, o en la necesidad de mercado a cubrir. En el primer caso es necesario evaluar el tipo de bioproductos que pueden obtenerse y elaborar la estrategia desde ahí. En cambio, en el segundo caso el planteamiento será opuesto y la estrategia comenzará por definir el bioproducto a obtener y plantearse cuál es la biomasa más adecuada para obtenerlo. Ambas aproximaciones son viables, pero la forma de concebir el proyecto es totalmente distinta. El potencial de las biomásas agrícolas en cuanto a la diversidad de bioproductos que pueden obtenerse es muy amplio e incluye varios mercados diferentes:

- **Industria alimentaria - ingredientes alimentarios:**
  - Fibras, proteínas, carbohidratos de bajo peso molecular y poliméricos, aceites vegetales y otros lípidos, etc.
  - Aditivos alimentarios: ácidos orgánicos, antioxidantes, conservantes, etc.

- Ingredientes funcionales: compuestos bioactivos con propiedades saludables.
- **Industria farmacéutica:**
  - Excipientes.
  - Principios activos farmacéuticos entre los que se incluyen medicamentos a base de plantas, o moléculas naturales para la síntesis de determinados principios activos.
- **Industria cosmética:**
  - Ingredientes activos.
  - Otros ingredientes tecnológicos que se emplean como excipientes en las formulaciones cosméticas.
- **Nutrición animal:**
  - Materias primas para piensos.
  - Aditivos tecnológicos (antioxidantes, conservantes).
  - Aditivos funcionales o zootécnicos.
- **Industria química:** reactivos químicos y *building blocks* <sup>7</sup>.
- **Bioenergía:** Energía generada a través de la valorización (transformación física, química o biológica) de las biomásas (biocombustibles) puede tener un uso térmico, eléctrico o como combustible para el transporte (a partir de biocarburantes).

La tabla 1 recoge algunos ejemplos de diferentes tipos de bioproductos que potencialmente pueden obtenerse a partir de diferentes tipos de biomásas en un modelo de biorrefinería.

---

<sup>7</sup> Unidades estructurales, elementos constitutivos, componentes esenciales de cada proceso a partir de los cuales y mediante rutas químicas o bioquímicas, se producen otros de mayor tamaño o de mayor complejidad.

**Tabla 1.** Bioproductos que se pueden obtener a partir de diferentes tipos de biomasa en modelos de biorrefinerías o bioindustrias.

Ejemplo de bioproductos que se pueden obtener en una biorrefinería o bioindustria <sup>8</sup>	
Ácidos grasos (triglicéridos, libres y esterificados)	Etanol
Ácidos orgánicos y derivados	Fibras para composites
Alcoholes	Formiatos ésteres diversos
Aldehído	Furfural e hidroximetilfurfural
Alimentos	Glicerol y derivados
Aminoácidos	Hidratos de carbono fermentables
Antioxidantes	Hidrocarburos
Azúcares fermentables	Lactonas: $\gamma$ -valerolactona
Biodisolventes	Levulinatos, ésteres diversos.
Bioenergía (biocombustibles, calor y electricidad)	Lignina, celulosa y hemicelulosa
Ceras	Líquidos de pirólisis (biooils)
Compuestos aromáticos	Monómeros para biopolímeros
Compuestos fenólicos	Pectinas
Compuestos heterocíclicos	Péptidos y enzimas
Compuestos químicos de alto valor añadido	Piensos
Compuestos triterpénicos	Pigmentos
Dioles, alfa-limoneno, dodecilsulfonatos	Polímeros y oligómeros
Emulsionantes y biolubricantes	Polioles
Enzimas	Proteínas
Esqualeno	Tocoferoles
Ésteres grasos y derivados	Vainillina y ácido vainillínico
Esteroles	Vitaminas

Aunque el potencial de bioproductos que se pueden obtener a partir de una determinada biomasa es muy elevado, hay diversos aspectos a considerar desde el punto de vista de su explotación comercial que limitan enormemente su implantación industrial y que serán analizados a lo largo de este estudio. Un ejemplo concreto es la molécula de resveratrol, presente en el orujo de uva y en

<sup>8</sup> Adaptado de: Plataforma tecnológica española de biomasa (BIOPLAT) y plataforma de química sostenible (SusChem-España), *Manual sobre las biorrefinerías en España*, febrero 2017.

otras materias primas menos conocidas en Andalucía, como algunas raíces de plantas de origen asiático.

El resveratrol es una molécula con una alta demanda en el mercado y con precios que rondan los 300 €/kg. El orujo de uva contiene resveratrol y, desde un punto de vista teórico e incluso a escala de laboratorio, es posible diseñar un proceso para aislar el resveratrol a partir de esta biomasa. Sin embargo, la realidad industrial es que es muy difícil purificar resveratrol a partir de orujo de uva y competir en precio con el producto obtenido por síntesis química o extraído a partir de otras fuentes donde es más abundante. En definitiva, muchas veces existen limitaciones de tipo técnico-económico que limitan en la práctica este tipo de aplicaciones. En un caso como el resveratrol, será necesario definir otros criterios de innovación y diferenciación del producto para ganar competitividad.

Por el contrario, el orujo de uva es la mejor fuente natural para purificar el ácido tartárico que se emplea como aditivo alimentario (E-334) o como excipiente farmacéutico, lo que permite poder competir en precio incluso con el ácido tartárico obtenido por síntesis, especialmente en algunas aplicaciones industriales donde sólo está permitido el ácido tartárico de origen natural. El ácido tartárico es un producto *commodity* que se vende en cientos de toneladas y a precios que oscilan los 3,5 y 6,5 €/kg dependiendo de las cosechas y las demandas del mercado.

### 1.4. Clasificación de algunas de las biomásas agrícolas disponibles en Andalucía

La tabla 2 clasifica las principales biomásas agrícolas disponibles en Andalucía en función de los factores analizados en este capítulo: tipos de biomasa según su localización, disponibilidad anual de la biomasa, estacionalidad y perechibilidad, así como los potenciales usos de estas biomásas.

**Tabla 2. Clasificación de algunas biomásas agrícolas andaluzas en función del tipo de localización, disponibilidad y potencial de las mismas.**

TIPOS DE BIOMASAS		DISPONIBILIDAD	POTENCIAL DE LAS BIOMASAS
<b>Olivo</b>	Biomasa localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen anual elevado (2.337.536 MT <sup>9</sup>)</li> <li>- Disponibilidad todo el año por almacenamiento</li> <li>- No perecedero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria alimentaria</li> <li>- Industria químico-farmacéutica</li> <li>- Cosmética</li> <li>- Nutrición animal</li> <li>- Bioenergía</li> </ul>
<b>Viñedo</b>	Biomasa localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen anual medio (107.066 MT <sup>3</sup>)</li> <li>- Disponibilidad todo el año por almacenamiento</li> <li>- No perecedero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria alimentaria</li> <li>- Industria químico-farmacéutica</li> <li>- Cosmética</li> <li>- Nutrición animal</li> <li>- Bioenergía</li> </ul>
<b>Cítricos</b>	Biomasa localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen anual medio (163.849 MT <sup>3</sup>)</li> <li>- Disponibilidad parcial, solo durante la cosecha.</li> <li>- Perecedero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria alimentaria</li> <li>- Industria químico-farmacéutica</li> <li>- Cosmética</li> <li>- Nutrición animal</li> <li>- Bioenergía</li> </ul>
<b>Hortícolas*</b>	Biomasa localizada y biomasa disponible no localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen anual alto</li> <li>- Disponibilidad parcial, solo durante la cosecha.</li> <li>- Perecedero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria alimentaria</li> <li>- Cosmética</li> <li>- Nutrición animal</li> <li>- Bioenergía</li> </ul>
<b>Frutales no cítricos**</b>	Biomasa localizada y biomasa disponible no localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen anual medio y bajo</li> <li>- Disponibilidad parcial, solo durante la cosecha.</li> <li>- Perecedero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria alimentaria</li> <li>- Industria químico-farmacéutica</li> <li>- Cosmética</li> <li>- Nutrición animal</li> <li>- Bioenergía</li> </ul>
<b>Frutos rojos</b>	Biomasa localizada y biomasa disponible no localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen anual bajo</li> <li>- Disponibilidad parcial, solo durante la cosecha.</li> <li>- Perecedero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria alimentaria</li> <li>- Industria químico-farmacéutica</li> <li>- Cosmética</li> <li>- Nutrición animal</li> <li>- Bioenergía</li> </ul>

\*Tomate, pimiento, pepino, calabacín, sandía y lechuga/

\*\*Melocotonero, nectarino, aguacate, chirimoyo y almendro

<sup>9</sup> Junta de Andalucía, *Estrategia Andaluza de Bioeconomía Circular*, septiembre 2018.



## 2. ANÁLISIS DE MERCADO

---

El mercado destino de los bioproductos desarrollados en el marco de una biorrefinería o bioindustria es otro de los factores claves para su futura viabilidad. Entre los factores a analizar y alinear durante la fase de diseño y desarrollo de una biorrefinería o bioindustria agroalimentaria es necesario saber estimar correctamente:

- Los tipos de bioproductos que pueden desarrollarse.
- La demanda que puede tener en el mercado.
- El grado de competitividad.
- La inversión que supone.
- La demanda de biomasa necesaria.

A continuación, se analizan las ventajas y los inconvenientes de cara a desarrollar productos innovadores y productos *commodities*: los diferentes tipos de mercados a los que poder dirigir los bioproductos, los volúmenes medios que suelen demandar y, por último, un análisis de los principales bioproductos que pueden ser obtenidos a partir de algunas biomásas agrícolas andaluzas.

### 2.1. Análisis de productos innovadores frente a productos *commodities*

Los bioproductos que podemos desarrollar en una biorrefinería agroalimentaria corresponden a dos categorías principales: productos innovadores y productos *commodities*.

Cada una de estas categorías tiene unas ventajas e inconvenientes que es preciso tener en cuenta a la hora de diseñar la estrategia de valorización de biomásas agroalimentarias, ya que la viabilidad de la misma va a depender en gran medida de ser capaces de prever la demanda de mercado y el grado de competitividad de los bioproductos que se desarrollen.

Las variables principales que debemos considerar en la selección de los bioproductos a desarrollar son las siguientes:

- **Grado de innovación:** Es uno de los factores que hay que potenciar en el diseño de una biorrefinería o bioindustria. Los bioproductos innovadores aportan una mayor diferenciación en el mercado y dan argumentos comerciales para que el factor precio no sea necesariamente el factor principal de decisión de compra. Cuanto mayor sea el salto tecnológico, mayor será el nivel de protección en el mercado internacional.
- **Valor añadido:** Estrechamente relacionado con el parámetro anterior. Los productos innovadores permiten un mayor margen comercial, precisamente por ese grado de diferenciación. Existen otros factores que pueden ser claves para el cliente final y que incrementan el valor añadido a un bioproducto, como por ejemplo la garantía de suministro, especialmente relevante cuando la demanda del producto es muy elevada y estratégica para el cliente final; o la garantía de origen, muy asociada a la calidad y que puede convertirse en un factor de confianza si se compara un producto europeo con productos procedentes de terceros países con estándares de calidad diferentes, especialmente algunos países asiáticos.
- **Propiedad industrial:** El grado de protección industrial que pueda lograrse en la obtención de un producto - composición, proceso industrial, aplicación, etc. - es, sin duda, un factor de gran importancia que permitirá aumentar el valor añadido, el grado de diferenciación, el salto tecnológico y, en definitiva, el grado de protección frente a la competencia en el mercado. No obstante, la protección intelectual de un producto y/o un proceso en el marco de una biorrefinería no es una garantía de viabilidad.
- **Tiempo a mercado:** El tiempo a mercado es uno de los factores más determinantes en la viabilidad económica de una biorrefinería o bioindustria. En términos generales, cuanto mayor sea el grado de innovación, mayor será también el tiempo a mercado. Los productos innovadores que se pueden obtener a partir de biomasa agrícola requieren tiempos largos de investigación y desarrollo, que incluyen desde el desarrollo del proceso de obtención, la caracterización del bioproducto o la demostración comparativa de su funcionalidad frente a otros productos ya existentes, hasta el desarrollo y escalado industrial o la validación regulatoria. Este último aspecto puede ser, además, especialmente lento cuando se trata de solicitudes de autorización de

nuevos alimentos e ingredientes (*novel Food* <sup>10</sup>), o la aprobación de alegaciones de propiedades saludables por parte de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). Este tipo de procesos ocupan mucho tiempo y una importante inversión económica.

- **Volumen de venta:** Factor esencial en el diseño de una biorrefinería y en el estudio de su viabilidad económica. Como se ha señalado anteriormente, este parámetro está estrechamente ligado con el mercado al que vaya destinado y con el grado de innovación del producto. *A priori*, parece claro que debe plantearse incluir productos con un elevado volumen de venta, aunque este hecho no garantiza por sí solo la viabilidad económica de la bioindustria. En términos de venta, puede alcanzarse el mismo nivel de facturación con un producto de bajo coste y elevada demanda en el mercado que con un producto de elevado coste y baja demanda comercial. Como se ha señalado, ambos planteamientos son viables, aunque requieren desarrollos industriales y estrategias empresariales completamente diferentes.
- **Demanda de biomasa:** Es un factor estrechamente ligado al anterior y de gran relevancia en el diseño de las biorrefinerías o bioindustrias. Dependiendo del tipo de instalación que se diseñe uno de los objetivos principales es ser capaces de procesar toda la biomasa que se genera, por lo que debe sincronizarse la cantidad de biomasa disponible con la necesidad de comercialización. La situación ideal es aquella en la que la demanda de producto en el mercado y la cantidad de biomasa disponible se encuentran alineadas. Por ejemplo, desarrollar un único bioproducto cuyas ventas anuales demanden sólo un 10% de la cantidad de biomasa disponible no es una solución práctica por sí sola en un entorno de biorrefinería o bioindustria.
- **Inversión requerida:** Se trata de un factor crítico en el diseño de la bioindustria y en la selección de productos a desarrollar. La inversión requerida suele ir ligada, por una parte, al valor añadido del producto y al esfuerzo en investigación y desarrollo que es necesario realizar; y, por otra parte, a la infraestructura industrial que será necesario realizar y con ello al volumen de ventas anual estimado. Debe considerarse igualmente los tiempos a mercado, ya que dificultan sensiblemente la

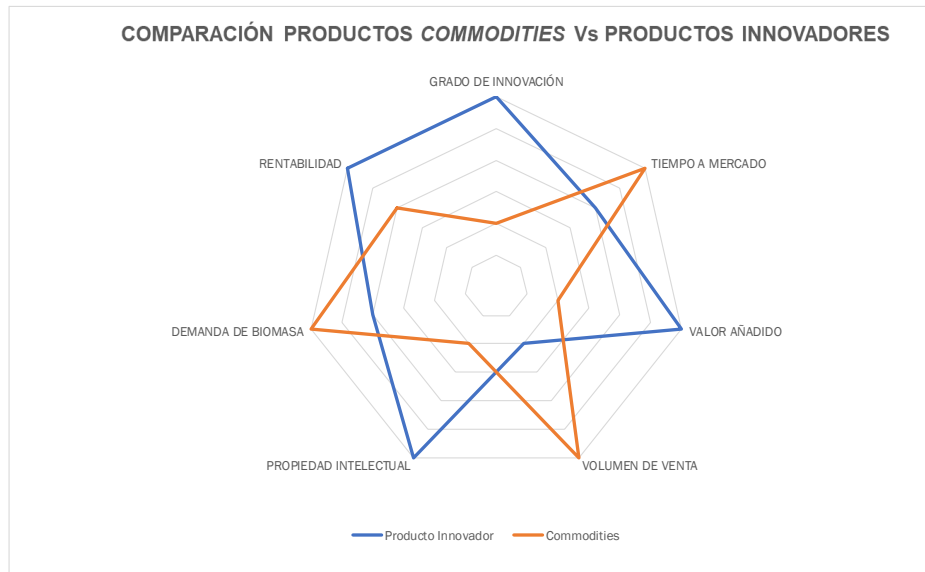
---

<sup>10</sup> El Reglamento (CE) nº 258/1997, sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios define los "Novel Foods" o "nuevos alimentos", como los alimentos o ingredientes alimentarios que no se utilizaban en cantidades significativas antes del 15 de mayo de 1997 en la alimentación humana en la Unión Europea.

viabilidad los bioproductos que requieren altas tasas de inversión en I+D y tiempos a mercado especialmente largos,

Así pues, la situación ideal sería plantear el desarrollo de una biorrefinería o bioindustria en la que los principales productos a fabricar tuviesen un elevado grado de innovación y un alto valor añadido, con un tiempo a mercado relativamente bajo, un volumen de ventas elevado que demande grandes cantidades de biomasa y con una buena protección intelectual que proteja al producto frente a la competencia. Alinear todas estas variables en un único producto no es una labor imposible, pero sí altamente complicada. En términos generales, la realidad se aproxima más a las siguientes categorías de bioproductos:

- **Productos innovadores:** Como se indica en la figura 1, los productos innovadores tienen, por definición, un elevado grado de innovación y un importante valor añadido que puede contribuir muy positivamente a la rentabilidad y viabilidad industrial de una biorrefinería o bioindustria. Son productos que habitualmente cuentan con protección intelectual o secreto industrial. Por el contrario, son productos que tienen tiempos a mercado lentos, con volúmenes de venta bajos - ligado a que son precisamente productos de alto valor añadido - y, por lo tanto, también con baja demanda de biomasa. Adicionalmente, son productos que requieren inversiones elevadas para su desarrollo y fabricación.
- **Productos *commodities*:** La principal ventaja de estos bioproductos es que tienen un tiempo a mercado corto y, en general, una elevada demanda en volumen que suele ir asociada también a una elevada demanda de biomasa para su fabricación. Por otra parte, como se indica en la figura 1, son productos con una escasa barrera para la competencia, un bajo grado de innovación - sin protección industrial - y que exigen un nivel de explotación altamente competitivo para garantizar la viabilidad de la bioindustria. La estrategia empresarial en este caso es la comercialización de productos alternativos a los actualmente existentes en el mercado, obtenidos en un modelo de biorrefinería que permita un alto grado de sostenibilidad y un coste menor.



**Figura 1.** Características de los bioproductos innovadores y bioproductos *commodities*.

*Es preciso encontrar el equilibrio entre productos con ALTO y BAJO grado de innovación.*

*Apostar únicamente por productos con ALTO grado de innovación no garantiza la viabilidad de una biorrefinería.*

Una estrategia adecuada en el diseño de biorrefinerías requiere, por tanto, una combinación de productos y materias primas que sean complementarios en disponibilidad de biomasa, tiempo a mercado, volúmenes y precios de venta. De este modo, en los modelos de explotación mixtos en los que se combina la producción simultánea de productos *commodities* y de productos de alto valor añadido, la viabilidad económica aumenta considerablemente, puesto que los primeros son productos con una alta demanda en el mercado y con costes de producción competitivos y, los segundos, presentan un tiempo a mercado más largo, pero con mayor valor añadido y mayor grado de diferenciación.

## 2.2. Volumen de mercado

Como se ha descrito en el epígrafe anterior, el volumen de mercado de los productos a desarrollar es clave a la hora de diseñar e implantar una nueva biorrefinería. En este sentido, el análisis de productos innovadores frente a productos *commodities* nos aporta una idea general sobre el volumen de mercado inicialmente necesario. Los productos *commodities* son los que tienen una mayor demanda en el mercado. Por el contrario, los productos innovadores,

principalmente aquellos que vienen a ocupar un segmento no cubierto en el mercado, tienen inicialmente una menor demanda.

En ocasiones, para determinados productos innovadores que no se encuentran disponibles en el mercado, puede ser necesario crear el mercado desde cero. Este es el caso de algunos extractos vegetales ricos en antioxidantes que no están actualmente disponibles en el mercado, como polifenoles de algunos frutos rojos, de hortalizas, etc. Pueden ser una muy buena opción comercial de cara a futuro, pero es necesario invertir tiempo, esfuerzo e inversión para conseguir una cuota comercial adecuada. Otro tipo diferente de productos innovadores son aquellos que suponen una mejora sustancial sobre un producto que ya existe en el mercado. En estos casos puede aprovecharse el mercado ya creado y lograrse una cuota importante en un tiempo más corto.

En el caso de los bioproductos de biomásas agrícolas pueden analizarse los volúmenes de mercado en función de la industria a la que van destinados y el tipo de producto:

- **Industria farmacéutica:** En términos generales, demanda productos de alta calidad por los que también está dispuesta a pagar precios superiores a otras industrias. Los bioproductos que se emplean como excipientes farmacéuticos o como materias primas para la fabricación de medicamentos presentan demandas del rango de cientos de toneladas. Los principios activos farmacéuticos de origen natural - como los extractos de plantas - tienen una demanda en rango de decenas de toneladas. Un aspecto importante a tener en cuenta es que la industria farmacéutica requiere procesos regulatorios más complejos que otras industrias. Esta dificultad añadida hace preciso considerar que en los estudios de viabilidad sea necesario recurrir a modelos de acceso al mercado mediante terceros y compartir de este modo una parte de la cadena de valor.
- **Industria alimentaria:** Es en principio la industria que puede tener una mayor demanda para los bioproductos que se pueden obtener a partir de la biomasa agrícola. Diferenciamos tres tipos de ingredientes:
  - i) *Aditivos alimentarios:* con elevada demanda en el mercado en el rango de cientos o incluso miles de toneladas. Es necesario disponer de una ventaja competitiva clara, por ejemplo, precio o funcionalidad mejorada.
  - ii) *Alimentos como fibras, proteínas, lípidos, etc.:* con demandas en los rangos de cientos o miles de toneladas.

- iii) *Ingredientes bioactivos* que se incluyen en alimentos funcionales o en complementos alimenticios. Se venden en el rango de decenas de toneladas.
- **Industria de la alimentación animal:** Mercado que demanda grandes volúmenes de producto, aunque normalmente a precios bajos.
  - i) *materias primas para piensos*: en los que la demanda vendrá acotada por la capacidad de producción disponible, es decir, si el producto es competitivo será posible comercializar prácticamente la totalidad que la bioindustria sea capaz de producir.
  - ii) *aditivos para piensos*: que requieren un mayor grado de desarrollo y tiempo a mercado, con precios mayores que las materias primas para piensos y mercados en el rango de los cientos de toneladas o incluso superior si se dispone de un producto competitivo.
- **Industria cosmética:** Mercado que generalmente demanda pequeños volúmenes, pero a precios medio-altos según el grado de innovación del bioproducto. Pueden diferenciarse ingredientes tecnológicos para las formulaciones cosméticas e ingredientes bioactivos con propiedades específicas para el cuidado de la piel.
- **Industria química:** Esta industria demanda una amplia variedad de bioproductos. Se trata de un mercado altamente competitivo en el que la ventaja competitiva es un factor diferencial clave. En términos generales, y en este mercado en particular, el producto obtenido en el ámbito de una biorrefinería no tiene un sobreprecio frente al mismo producto de origen fósil.
- **Bioenergía:** Las biorrefinerías producen biocombustibles, calor o electricidad. En este caso, su comercialización debe adaptarse a las reglas del mercado energético.
- **Otros:** Dado que uno de los objetivos finales en una biorrefinería o bioindustria es el aprovechamiento integral de la biomasa, tras la extracción de compuestos de mayor valor añadido puede plantearse la obtención de bioenergía. No obstante, cuando las cantidades producidas no justifican inversión en la tecnología necesaria para la producción energética, pueden plantearse otros usos como biofertilizantes o destinar la biomasa remanente como materia prima para nutrición animal.

## 2.3 Potenciales bioproductos obtenidos a partir de las biomásas agrícolas disponibles en Andalucía

La tabla 3 muestra los principales bioproductos que pueden obtenerse a partir de las biomásas agrícolas mayoritarias presentes en Andalucía. Se destacan en negrita aquellos bioproductos de especial interés para las biomásas del olivar, viñedo, cítricos, cultivos hortícolas, frutales no cítricos y frutos rojos.

**Tabla 3. Principales bioproductos que se pueden obtener a partir de diferentes tipos de biomásas agrícolas andaluzas**

BIOMASAS	BIOPRODUCTOS
<p><b>Olivar</b></p>	<p><b>Ácidos grasos</b> (triglicéridos, libres y esterificados), Esteroles, Alcoholes triterpénicos, Alcoholes alifáticos, Ceras, Hidrocarburos alifáticos saturados, <b>Esqualeno</b> Tocoferoles <b>Compuestos fenólicos</b> (hidroxitirosol, oleuropeína, oleocantal...) <b>Compuestos triterpénicos</b> (ácido maslínico, oleanólico, ursólico...) Hidratos de carbono fermentables Lignina, celulosa y hemicelulosa Proteínas y aminoácidos Ácidos orgánicos <b>Bioenergía</b> (biocombustibles, calor y electricidad)</p>
<p><b>Viñedo</b></p>	<p><b>Aceite de semilla</b> <b>Compuestos fenólicos</b> (proantocianidinas, taninos no condensados, antocianinas...) Hidratos de carbono fermentables Lignina, celulosa y hemicelulosa (fibras, beta 1,3-glucanos, pectinas...) Ácidos orgánicos y derivados (<b>tartrato</b>) Vitaminas y minerales <b>Etanol</b> Proteínas y aminoácidos <b>Bioenergía</b> (biocombustibles, calor y electricidad)</p>
<p><b>Cítricos</b></p>	<p>Aceite esencial (<b>D-limoneno</b>) Polifenoles (<b>flavonoide</b>: hesperidina, naringenina...) Hidratos de carbono fermentables Lignina, celulosa y hemicelulosa (<b>pectinas...</b>) Ácidos orgánicos <b>Bioenergía</b> (biocombustibles, calor y electricidad)</p>
<p><b>Cultivo hortícolas, frutales no cítricos y frutos rojos</b></p>	<p><b>Hidratos de carbono fermentables</b> <b>Lignina, celulosa y hemicelulosa</b> Compuestos fenólicos <b>Aceite y otros lípidos</b> <b>Ácidos orgánicos</b> y alcoholes Proteínas y aminoácidos Vitaminas y minerales <b>Bioenergía</b> (biocombustibles, calor y electricidad)</p>



### 3. TECNOLOGÍA

---

Otro de los factores claves en el diseño de una biorrefinería o bioindustria es la tecnología disponible y su grado de madurez. Un proyecto industrial deberá contar con la tecnología necesaria para obtener los diferentes bioproductos en una biorrefinería y supone otro de los factores esenciales que determinarán su viabilidad. En este capítulo se analiza el uso de tecnologías maduras en comparación con tecnologías más innovadoras, la necesidad y la problemática que supone la producción de lotes piloto y lotes preindustriales, así como la tecnología principal a emplear en biorrefinerías de biomasa agroalimentarias.

#### 3.1. Existencia de tecnología madura para la producción de bioproductos o energía.

El desarrollo y diseño de los procesos necesarios para la obtención de un bioproducto a partir de biomasa agrícola es una de las etapas más críticas que definirá en gran medida el grado de competitividad de un bioproducto en el mercado. Asimismo, supone un importante reto tecnológico que precisa de tiempo, inversión y recursos previos al proceso de industrialización. El uso de tecnología madura favorecerá un tiempo de desarrollo más corto y una menor inversión inicial, ya que se dispondrá de una mayor oferta en el mercado del equipamiento necesario. A medida que aumenta el grado de innovación tecnológica, aumenta la inversión industrial, por lo que es necesario que la inversión y el valor añadido del bioproducto a producir se encuentren alineados.

En muchos casos, existe tecnología madura para la producción de determinados bioproductos, pero el coste del proceso y del producto asociado no es competitivo en el mercado. En estos casos es necesario optimizar el proceso y reducir al máximo los costes de operación para ganar competitividad. Una de las principales ventajas asociadas a las biorrefinerías es la posibilidad de emplear parte de la tecnología o equipamiento industrial ya existente en la industria que genera la biomasa (equipamiento auxiliar, almacenes, calderas, etc.), así como los servicios auxiliares, lo que permitirá reducir considerablemente la inversión industrial.

Otra de las estrategias es emplear y reutilizar instalaciones ociosas, como por ejemplo plantas de biodiesel ya construidas y actualmente sin actividad.

### 3.2. Instalaciones piloto e instalaciones demo

En la mayoría de los casos, el cambio de escala es la mayor limitación en el desarrollo tecnológico de una biorrefinería o bioindustria. En estos desarrollos industriales hay siempre dos cambios de escala: el paso de escala laboratorio a escala piloto - gramos a kilogramos - y el paso de escala piloto a escala demostrativa - kilogramos a toneladas -.

El desarrollo de bioprocesos a escala de laboratorio para la obtención de nuevos bioproductos no es hoy una etapa limitante. Andalucía cuenta hoy en día con una red de centros tecnológicos y de organismos públicos de investigación con conocimiento tecnológico suficiente para dar respuesta a muchas de las necesidades tecnológicas existentes, especialmente a escala de laboratorio. En este sentido, las empresas cuentan con una gran cantidad de grupos de investigación donde buscar asesoramiento sobre las tecnologías necesarias para la obtención de bioproductos a partir de una determinada biomasa.

En cambio, la obtención de lotes piloto es hoy por hoy uno de los factores que más limitan del proceso de desarrollo de biorrefinerías y bioproductos en Andalucía. Existen centros tecnológicos y de investigación que han realizado en los últimos años importantes esfuerzos por conseguir equipamientos piloto, pero es necesario seguir apostando por disponer plantas piloto equipadas con una amplia gama de tecnologías donde poder probar los distintos bioprocesos desarrollados previamente a escala de laboratorio.

---

*La obtención de lotes piloto es hoy por hoy uno de los mayores factores limitantes del proceso de desarrollo de biorrefinerías y bioproductos en Andalucía.*

---

De igual modo, es esencial promover y facilitar la ejecución de plantas de demostración para sectores de biomasa estratégicos en Andalucía, como la biomasa agrícola. Paralelamente, es importante tener en cuenta la existencia de plantas piloto fuera de Andalucía con las que favorecer la colaboración. Algunos ejemplos de estas instalaciones son la planta de demostración Planta Clamber, en Castilla La Mancha (<http://clamber.castillalamancha.es>) o la planta europea Bio Base Europe Pilot Plant, en Bélgica ([www.bbeu.org](http://www.bbeu.org)).

### El reto del primer lote preindustrial de bioproducto

Este pequeño titular resume uno de los principales retos que debe superarse para facilitar la implantación de biorrefinerías y pequeñas bioindustrias en Andalucía. En términos generales, la producción del primer lote preindustrial de un bioproducto requiere la movilización y procesado de cientos de kilos o incluso toneladas de biomasa, lo que no puede realizarse en una pequeña planta piloto, sino que precisa de una planta piloto con configuración industrial. Es, además, una etapa esencial para validar la tecnología que ha sido previamente desarrollada a escala de laboratorio y luego en planta piloto. La validación preindustrial es crítica para definir correctamente el equipamiento industrial necesario en una planta de demostración, así como para poder definir los costes reales de producción que permitan establecer un análisis de viabilidad más realista. Asimismo, permitirá hacer una primera aproximación a un Análisis de Ciclo de Vida, muy relevante para asegurar a la sostenibilidad del proceso. En gran parte, el éxito de la correcta implementación de un proceso y tecnología a escala industrial depende de que pueda ejecutarse con garantías esta etapa, teniendo acceso a una amplia gama de tecnologías y equipos que permitan dimensionar correctamente la inversión industrial necesaria para la implantación de la biorrefinería.

---

*Se requieren acciones específicas a nivel de comunidad autónoma que faciliten la disponibilidad de estas tecnologías en una biorrefinería piloto con una configuración versátil, adaptable a las diferentes necesidades que requerirá la industria y con un diseño de planta piloto con configuración industrial, esto es, un diseño más próximo a una planta demostrativa que a una escala de laboratorio.*

---

### 3.3. Tecnologías necesarias para el procesamiento de las biomásas agrícolas disponibles en Andalucía

En la tabla 4 se recogen las principales tecnologías que pueden ser empleadas para el procesamiento de las biomásas agrícolas disponibles en Andalucía. Gran parte de estas tecnologías son transversales y permiten el procesado de biomásas de origen diferente. En esta línea, forman la batería de tecnologías que sería

interesante disponer en una planta piloto o demostrativa como la definida anteriormente.

**Tabla 4. Principales tecnologías y procesos aplicables a biomásas agrícolas para la obtención de distintos tipos de bioproductos <sup>11</sup>.**

TIPOS DE PROCESOS	
<b>Físico</b>	Adsorción, Centrifugación, Cristalización, Densificado, Destilación, Extracción, Filtración, Fraccionamiento, Humectación, Molienda, Prensado, Refrigerado/ calentado, Rotura celular, Secado/deshidratación, Tamizado, Tratamiento con ultrasonidos
<b>Químico</b>	Deslignificación, esterificación, explosión con vapor, hidrogenación, hidrólisis, hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina, isomerización, oxidación-reducción, polimerización, pretratamiento químico, procesos hidrotérmicos, purificación, reacciones de condensación, refinado, transesterificación
<b>Termoquímico</b>	Combustión, gasificación, licuefacción, pirólisis, reformado con vapor, torrefacción
<b>Biotecnológico</b>	Deslignificación biológica, digestión anaerobia, esterificación enzimática, fermentación, hidrólisis enzimática

<sup>11</sup> Adaptado de: Plataforma tecnológica española de biomasa (BIOPLAT) y plataforma de química sostenible (SusChem-España), *Manual sobre las biorrefinerías en España*, febrero 2017.

### 4. VIABILIDAD DE LAS BIORREFINERÍAS IMPORTANCIA DE LOS PRODUCTOS TRACTORES

---

En este capítulo se analiza la viabilidad de las biorrefinerías o bioindustrias en base a la definición de dos tipos diferentes de bioproductos: productos tractores y productos gregarios, clasificados por el efecto tractor que pueden producir, así como su diferenciación y la relevancia de contar con cada uno de ellos para garantizar la viabilidad de una biorrefinería o bioindustria.

Asimismo, se analizan las ventajas de las biorrefinerías integrales y multiproducto frente a las biorrefinerías monoproducción, así como las ventajas e inconvenientes de los flujos de producción en función del diseño de producción: paralelo/*bypass* o secuencial/en serie.

#### 4.1. Productos tractores

Productos que justifican en un primer momento recoger y transportar la biomasa, y que justifican la inversión industrial para su posterior gestión.

##### a.- Productos tractores primarios

Productos de consumo directo o sujetos a una primera transformación, que motivan su traslado a unas instalaciones concretas para su procesado y que generan subproductos o residuos en su tratamiento. Es el caso de la mayoría de las industrias agrícolas andaluzas, en las que un producto es transportado a una industria y transformado en un determinado alimento o ingrediente, como la aceituna y aceite de oliva; la uva y el vino o la naranja y el zumo. Dado que la industria procesadora es estable y rentable con esta actividad primaria, el subproducto generado de esta actividad es una biomasa óptima sobre la que construir un modelo rentable de biorrefinería en unas instalaciones anexas, o incluso mixtas, en las que compartan gran parte de los servicios y suministros generales con la otra actividad industrial ya implantada.

##### b.- Productos tractores secundarios

Productos provenientes de la valorización de los subproductos que se generan en la obtención de productos tractores primarios. Un ejemplo claro son las extractoras de aceite de orujo, que recogen todo el subproducto generado en la industria del aceite de oliva - producto tractor primario - para producir aceite de

orujo y energía. En este caso el aceite de orujo y la energía son productos tractores secundarios.

El éxito de implantación de este tipo de bioindustrias basadas en la valorización de la biomasa producida en una industria agroalimentaria implica, necesariamente, que se defina un producto tractor – producto tractor secundario – que asegure la viabilidad económica de toda la cadena.

### **4.2. Bioproductos gregarios**

Productos obtenidos a partir de la misma biomasa procesada para la obtención de bioproductos tractores, pero que no justifican por sí solos la inversión total que requiere su gestión: recogida, transporte y logística, almacenamiento, planta de procesado, etc. En otras palabras, el volumen de negocio que son capaces de generar no es suficiente para poder mantener por sí solos una actividad industrial como una biorrefinería. Este tipo de bioindustrias requieren de un producto tractor que asegure realmente la viabilidad industrial. No obstante, este tipo de productos y las instalaciones que precisan para su producción pueden ayudar considerablemente a incrementar la rentabilidad de industrias ya existentes y a revalorizar muchos de los subproductos producidos.

### **4.3. Biorrefinerías integrales y multiproducto frente biorrefinerías monoproducción.**

En principio, una biorrefinería será tanto más rentable cuanto mayor cantidad de diferentes productos pueda producir a partir de una misma biomasa. Sin embargo, este planteamiento no siempre es sencillo de ejecutar desde un punto de vista práctico y es necesario tener en cuenta una serie de factores adicionales para garantizar el éxito de las biorrefinerías multiproducto. En términos generales, cuando se habla de biorrefinerías multiproducto pueden definirse dos tipos de flujo industrial: flujo secuencial/seriado o flujo en paralelo/*bypass*.

En el flujo seriado los productos se obtienen consecutivamente en un modelo de cascada y de manera interdependiente, es decir, que es preciso obtener el bioproducto A, para a continuación producir el bioproducto B y sucesivos. En este tipo de aproximaciones, el principal reto es alinear las necesidades de producción con la demanda de mercado y la demanda de biomasa. Por ejemplo, pongamos por caso que para producir biogás (producto B) a partir de una determinada biomasa es necesario extraer previamente la fracción de compuestos fenólicos (producto A), ya que inhiben la fermentación y disminuyen el rendimiento del proceso. La biomasa necesaria para cubrir la demanda de polifenoles en el

mercado es mucho menor que la cantidad de biomasa necesaria para producir biogás de una manera rentable. Por tanto, el proyecto no es viable porque la demanda de polifenoles en el mercado es mucho menor que la cantidad que es necesario extraer para que la producción de biogás se convierta en rentable.

Otro ejemplo de este tipo de modelo es la obtención de ácido tartárico a partir de orujo de uva. El proceso es rentable y viable hoy en día porque la industria del vino es capaz de mantener la cadena de suministro del orujo. Si fuera necesario imputar todo el coste de la producción del ácido tartárico al cultivo de vid, la recogida, el transporte y el procesado posterior, el precio de venta del ácido tartárico en el mercado nunca sería competitivo.

Este tipo de aproximaciones sólo son viables en el caso de que el producto de mayor volumen actúe como producto tractor de toda la cadena y que el resto de productos corriente abajo puedan obtenerse a partir del subproducto generado en la primera transformación.

---

*Los flujos seriados o en cascada deben estar sincronizados en necesidad de biomasa, cantidad producida, coste de producción y demanda en el mercado de cada uno de estos bioproductos.*

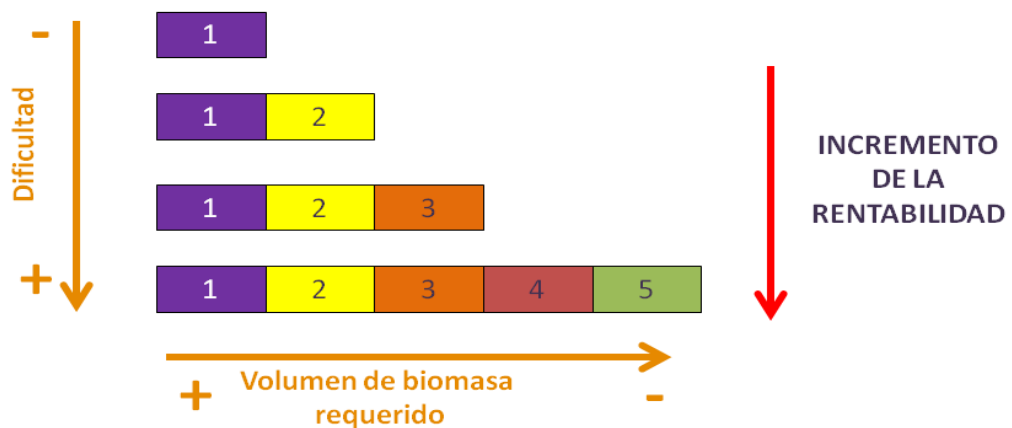
---

El flujo en paralelo o *bypass* es aquel en el que los productos se obtienen de manera independiente y sin afectar al resto de los procesos. Es el caso de, por ejemplo, una planta que procesa orujo de oliva y donde los productos tractores son el aceite de orujo de oliva y la producción de bioenergía. En este flujo pueden diseñarse procesos en paralelo que no afectan a la cadena de gestión del orujo y que permiten obtener bioproductos gregarios como los definidos anteriormente. En este modelo los productos son independientes entre sí y pueden cubrir necesidades de mercado totalmente diferentes sin poner en riesgo la viabilidad de la industria. En este caso se revaloriza la cadena de valor de la biomasa y se mejora la rentabilidad de toda la cadena de gestión.

El modelo en paralelo o *bypass* es crítico para la obtención de productos gregarios, en la que el volumen de producción es menor y necesitan de una industria mayor para asegurar su rentabilidad.

**La buena definición de los productos tractores y los productos gregarios es crítica en el análisis de viabilidad económica de una bioindustria.** Como muestra la figura 3, cuantos más productos sea necesario comercializar al mismo tiempo para garantizar la viabilidad de la bioindustria, mayor será su rentabilidad, pero también se incrementará la dificultad de toda la cadena.

*El diseño más aconsejable de una biorrefinería o bioindustria es un proceso secuencial, en cascada o seriado para productos tractores y un proceso en paralelo o bypass para los bioproductos gregarios.*



**Figura 3.** Simulación de biorrefinería multiproducto.

#### 4.4. Productos tractores y gregarios que se pueden obtener a partir de las biomásas agrícolas disponibles en Andalucía.

Atendiendo a la clasificación realizada en este capítulo, la tabla 5 recoge una clasificación de los bioproductos tractores y gregarios que se pueden obtener a partir de los diferentes tipos de biomásas agrícolas presentes en Andalucía.



**Tabla 5. Principales bioproductos tractores y gregarios de una biorrefinería de biomazas agrícolas en Andalucía.**

BIOMASAS	BIOPRODUCTOS
Olivar	<p>PRODUCTOS TRACTORES PRIMARIOS: <b>Aceite de oliva</b></p> <p>PRODUCTOS TRACTORES SECUNDARIOS: <b>Aceite de orujo de oliva</b> <b>Bioenergía (biocombustibles, calor y electricidad)</b></p> <p>PRODUCTOS GREGARIOS: Esteroles, Alcoholes triterpénicos, Alcoholes alifáticos, Ceras, Hidrocarburos alifáticos saturados <b>Esqualeno</b> Tocoferoles <b>Compuestos fenólicos</b> (hidroxitirosol, oleuropeína, oleocantal...) <b>Compuestos triterpénicos</b> (ácido maslínico, oleanólico, ursólico...) Hidratos de carbono fermentables Lignina, celulosa y hemicelulosa Proteínas y aminoácidos Ácidos orgánicos</p>
Viñedo	<p>PRODUCTOS TRACTORES PRIMARIOS: <b>Vino</b></p> <p>PRODUCTOS TRACTORES SECUNDARIOS: <b>Etanol</b> <b>Bioenergía (biocombustibles, calor y electricidad)</b> <b>Ácidos orgánicos y derivados (tartrato)</b></p> <p>PRODUCTOS GREGARIOS: <b>Aceite de semilla</b> <b>Compuestos fenólicos</b> (proantocianidinas, taninos no condensados Hidratos de carbono fermentables) Lignina, celulosa y hemicelulosa (fibras, beta 1,3- glucanos, pectinas...) Vitaminas y minerales Proteínas y aminoácidos</p>
Cítricos	<p>PRODUCTOS TRACTORES PRIMARIOS: <b>Zumos</b></p> <p>PRODUCTOS GREGARIOS: <b>Bioenergía (biocombustibles, calor y electricidad)</b> <b>Lignina, celulosa y hemicelulosa (pectinas...)</b> Aceite esencial (<b>D-limoneno</b>) Polifenoles (<b>flavonoide: hesperidina, naringenina...</b>) Hidratos de carbono fermentables Ácidos orgánicos</p>
Cultivos hortícolas, frutales no cítricos y frutos rojos	<p>PRODUCTOS TRACTORES: <b>Alimentos elaborados</b></p> <p>PRODUCTOS GREGARIOS: <b>Bioenergía (biocombustibles, calor y electricidad)</b> <b>Hidratos de carbono fermentables</b> <b>Lignina, celulosa y hemicelulosa</b> Compuestos fenólicos <b>Aceite y otros lípidos</b> <b>Ácidos orgánicos</b> y alcoholes Proteínas y aminoácidos Vitaminas y minerales</p>

## 5. LOGÍSTICA Y LOCALIZACIÓN DE LAS BIORREFINERÍAS

---

Teniendo en cuenta la definición de productos tractores y productos gregarios, unido a la importancia de la disponibilidad de biomasa y a que se encuentre localizada, la ubicación de las biorrefinerías es un parámetro crítico que es necesario analizar. La correcta ubicación de una bioindustria puede condicionar su rentabilidad y comprometer su viabilidad futura.

### 5.1.- Localización de las biorrefinerías

En este apartado se analiza la ubicación de biorrefinerías en función de que produzcan bioproductos tractores primarios y secundarios, o bioproductos gregarios.

#### a.- Localización de biorrefinerías de productos tractores primarios y secundarios.

En el caso de las industrias agroalimentarias, es usual que las primeras industrias de transformación del producto agrícola estén próximas al campo, esencialmente para reducir los costes de transporte asociados. Es el caso, por ejemplo, de las bodegas de vino, las almazaras de aceite o las industrias productoras de zumo. Estos tres son ejemplos de industrias de productos tractores primarios que soportan el coste del cultivo, recolección y transporte del producto agrícola hasta las instalaciones de procesado. A partir de esta biomasa pueden producirse una amplia gama de productos.

La ubicación de las biorrefinerías o bioindustrias de productos tractores tienen mayor flexibilidad, ya que, como se ha descrito anteriormente, la rentabilidad de los productos desarrollados permite asumir el coste asociado al transporte y almacenamiento de la biomasa. Este es el caso de los operadores secundarios de biomasa como las industrias procesadoras de orujo de oliva u orujo de uva, que recogen la biomasa de varios operadores primarios y, gracias al agrupamiento de la misma, hacen viable el aprovechamiento integral de la biomasa.

Un caso similar podría ser el de una biorrefinería que obtenga un producto tractor a partir de biomasa no localizada que hoy por hoy no tiene un uso específico y para las que habrá que crear un sistema de logística, almacenamiento y gestión para transportar dicha biomasa a un punto concreto donde pueda ser

rentabilizada. Sería el caso, por ejemplo, de la biomasa de la paja de trigo, maíz o cañote de girasol.

En todo caso, aquellas industrias agroalimentarias que generan grandes cantidades de biomasa ya localizada en un punto geográfico son un buen objetivo para la creación de una biorrefinería de productos tractores.

### b.- Localización de biorrefinerías de productos gregarios

En el caso de los productos gregarios, está claro que el modelo preferente de ubicación de la biorrefinería debe ser anexo al área industrial donde se generan los productos tractores. Recordemos que un producto gregario es aquel bioproducto que puede ser obtenido a partir de una determinada biomasa, pero que, aún siendo rentable, el retorno que produce no es suficiente para implantar y mantener una instalación industrial, por lo que debe considerarse un añadido adicional a la gestión de la biomasa que se obtiene gracias a un producto tractor. En este modelo, los costes asociados al proceso productivo son mucho menores, como se analizará en el siguiente punto de este estudio.

La comercialización de productos gregarios puede ser un negocio de alta rentabilidad si el modelo de gestión es correcto y si se consigue desarrollar un flujo de producción en un modelo en paralelo o *bypass* en una instalación industrial ya existente que soporte en mayor medida los costes y servicios generales que supone cualquier actividad industrial.

Una planta que produce zumo de naranja puede aprovechar la biomasa que genera para producir D-Limoneno y puede convertirse en un bioproducto gregario rentable mucho antes de lo que sería si transportamos esta biomasa a una segunda planta en la que el D-limoneno pasaría a convertirse en producto tractor, esto es, uno de los principales productos que soportaría el coste de la biorrefinería. En este sentido, convertir erróneamente un producto gregario en tractor puede llegar a convertirse en un error estratégico crítico que comprometa la viabilidad.

## 5.2. Ventajas competitivas de la gestión logística y la ubicación

Una biorrefinería industrial debe dar una solución completa al aprovechamiento de una determinada biomasa, es lo que se denomina biorrefinerías integrales. En ocasiones será porque el aprovechamiento integral es el modelo que supone la mayor rentabilidad, pero en otras muchas la gestión integral se deberá

esencialmente a que hay que "hacer desaparecer" la biomasa antes de la próxima cosecha y puede llegar a propiciar decantarse por la opción menos mala.

El coste de la biomasa y la gestión del residuo producido, es decir, la gestión de la biomasa corriente arriba y corriente abajo, son dos de los costes que más pueden influir en el coste industrial de obtención de un bioproducto. Esto nos lleva a la conclusión de que hay determinados bioproductos que sólo podrán obtenerse en un modelo de biorrefinería integral en diseño en serie y/o paralelo.

Las principales ventajas competitivas de los modelos de biorrefinería integrada de productos tractores son las siguientes:

- Los servicios auxiliares tales como vapor, sistema anti-incendios, mantenimiento, vigilancia, almacenes, etc. se encuentran ya disponibles, por lo que no es necesario realizar la inversión inicial en su implantación.
- Los costes logísticos asociados al transporte de materias primas, así como el coste de la materia prima en sí, se reducen hasta hacerse prácticamente cero.
- Permite la integración secuencial de los procesos en el normal desarrollo de la actividad industrial, mejorando la valorización de la cadena de valor.
- El acceso al suministro de materia prima está garantizado en grandes cantidades.
- El acceso a mercados de alto volumen en el que es necesario garantizar el suministro de producto.

La entrada en el mercado de un bioproducto obtenido con este modelo suele desplazar a sus equivalentes obtenidos por modelos tradicionales, donde se paga por la materia prima, se transporta a otras instalaciones industriales, se obtiene el producto y se paga por la gestión del residuo producido.

---

*Los flujos de obtención de productos gregarios a partir de biomazas agroalimentarias deben tener un diseño en paralelo o bypass y estar integrados en una instalación industrial en la que se produzcan productos tractores. La viabilidad industrial se ve comprometida cuando equivocadamente, transformamos un producto gregario en tractor.*

---

## 6. SOSTENIBILIDAD

---

El concepto de biorrefinería nace en sí mismo con un objetivo claro de sostenibilidad medioambiental, económica y social, tratando de reducir la dependencia de los combustibles fósiles. En este capítulo, se describen algunos aspectos relevantes de la sostenibilidad medioambiental y social de las biorrefinerías en Andalucía.

### 6.1. Sostenibilidad medioambiental

#### a. Tecnologías limpias

Como se ha reflejado previamente en este documento, el principal reto que tiene que abordar la bioeconomía en general, y el diseño de biorrefinerías o bioindustrias en particular, es el hecho de ser económicamente viables, pero a la vez medioambientalmente sostenibles. El contexto actual de cambio de paradigma en el modelo productivo ha de proponer soluciones competitivas a las necesidades de mercado y consumo actuales, pero disminuyendo el impacto ambiental.

El diseño de los procesos industriales de extracción y transformación de la biomasa en materias primas y productos de valor añadido ha de realizarse empleando tecnologías limpias basadas en procesos sostenibles y evitando en la medida de lo posible el empleo de insumos fósiles o disolventes derivados del petróleo.

Las tecnologías limpias implican el uso de recursos medioambientalmente sostenibles y la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero. Entre ellas, pueden citarse las siguientes:

- Procesos de extracción con disolventes no contaminantes y obtenidos de insumos biológicos: etanol, acetato de etilo, lactato de etilo, agua, etc.
- Tecnología de extracción con fluidos supercríticos, tecnología de extracción asistida por microondas o ultrasonidos.
- Tecnologías de fermentación.
- Catálisis enzimática en lugar de catálisis química.
- Procesos físicos de separación.
- Obtención de energía mediante plantas de combustión de biomasa o plantas de cogeneración que permitan aumentar el autoabastecimiento energético de la industria.

### b. Huella de agua y carbono

La huella de agua y carbono, junto con los estudios de ciclo de vida, son los principales indicadores a tener en cuenta para evaluar el impacto ambiental en un proceso industrial. En un modelo de valorización de biomasa agroalimentarias, especialmente si la producción se realiza a partir de residuos agroindustriales o subproductos, estos factores se irán reduciendo a medida que se obtengan productos a lo largo de la cadena. Con la integración secuencial de los procesos productivos, la huella de agua y carbono que genera cada uno de los productos se disminuye.

- **Disminución del consumo de agua:** la explotación integrada y secuencial de nuevos procesos en una planta ya existente, reduce considerablemente la huella de agua del producto obtenido. Además, a medida que se vayan obteniendo una mayor cantidad de productos de la misma materia prima, la huella de agua asociada a la producción de cada uno de ellos disminuye.
- **Disminución del consumo energético:** El desarrollo de nuevos procesos integrados en la cadena de producción reduce drásticamente el consumo energético, ya que las manipulaciones de las materias primas se reducen al máximo al tratarse de procesos secuenciales. Además, al tratarse de instalaciones industriales en las que se comparten una parte de los servicios necesarios para su gestión, es factible optimizar en gran medida los recursos energéticos necesarios.

### c. Análisis de generación de subproductos o residuos

El modelo de obtención de productos tractores y productos gregarios debe permitir disminuir la producción de residuos. En las biorrefinerías con diseños secuenciales, el subproducto generado tras la obtención del primer bioproducto es la materia prima de partida para la obtención del segundo y así sucesivamente. Así pues, el objetivo final del tratamiento secuencial de toda la cadena debe ir encaminado al modelo de residuo 0, en el que se aproveche al 100 % la biomasa empleada. En muchos casos, la instalación de un proceso de producción de energía (eléctrica, biogás, syngas, etc.), o incluso la instalación de una caldera de combustión de biomasa – que además tiene asociado un factor de emisión 0 – puede suponer una buena solución como valor adicional para consumo interno de la planta.

### d. Biodiversidad y usos del suelo

La valorización de subproductos industriales y de biomásas de origen agrícola tiene un impacto positivo en la biodiversidad, ya que una mejor gestión de los recursos disponibles permite disminuir la presión sobre recursos y ecosistemas naturales. Paralelamente, el aprovechamiento de residuos potencialmente contaminantes y la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero contribuye definitivamente a preservar el medioambiente, favoreciendo la conservación de la biodiversidad local.

La aparición de nuevas cadenas de valor en torno a determinadas biomásas de origen natural que no son gestionadas hoy en día, como por ejemplo residuos procedentes de la limpieza y de las podas de bosques y montes, pueden prevenir el riesgo de incendios. En esta misma línea, la quema de biomasa agrícola en origen también supone un riesgo de incendio que disminuiría considerablemente con una gestión de recogida y valorización de la misma.

El desarrollo de nuevas bioindustrias a partir de biomásas de nueva producción puede favorecer un uso más eficiente del suelo agrícola. Existen determinados cultivos especialmente adaptados a entornos áridos o semiáridos cuyo cultivo aún no se ha extendido por carecer de demanda en el mercado. La búsqueda de productos de valor que den salida a estas especies vegetales puede contribuir a repoblar entornos áridos, disminuir la desertización y ampliar la superficie de cultivo en zonas que hoy se encuentran desaprovechadas, mejorando el desarrollo rural. Asimismo, la rotación de cultivos estacionales para la producción de biomásas y materias primas como punto de partida para la obtención de productos y energía ofrece nuevas oportunidades al sector, que verá aumentada su rentabilidad por hectárea y generará riqueza a nivel local.

## 6.2. Sostenibilidad social

La sostenibilidad social es la segunda de las aportaciones esenciales que puede traer la implantación de biorrefinerías en Andalucía. La activación de la economía en zonas rurales y la generación de empleo son sus dos principales consecuencias.

### a. Activación de la economía en zonas rurales

Como se ha descrito previamente, uno de los aspectos claves para la viabilidad económica de las biorrefinerías agroalimentarias supone su instalación en origen, en los lugares donde se genera la biomasa. En Andalucía, el sector agroindustrial es principalmente rural, por lo que el alcance de este tipo de actuaciones supone

un impacto directo en las regiones rurales. Pueden citarse varios aspectos claves que fomentan la reactivación de la economía en las zonas rurales:

- Reindustrialización: Con la instalación de nuevas industrias/nodos industriales en torno a la biomasa que se genera en el campo y en las industrias de primera transformación.
- Generación de empleo en zonas rurales: La instalación de estas industrias genera empleo en las zonas rurales, con especial énfasis en perfiles de alta cualificación.
- Atracción de innovación: La necesidad de aportar soluciones innovadoras para la instalación y gestión de estas bioindustrias necesita de soluciones innovadoras, tanto en el terreno de la I+D+i, como en la implantación de nuevos modelos de negocio.
- Atracción de inversión: la inversión está estrechamente relacionada con la necesidad financiera para llevar a cabo las inversiones necesarias para instalar nuevas industrias rentables en las zonas de interés.
- Modernización del sector: La necesidad de cooperación entre actores de diferentes sectores: agricultores, industria transformadora, tecnologías de producción, agentes gestores de innovación, etc. propicia el trasvase de conocimiento y provoca la dinamización del sector por “efecto contagio”.

El modelo de valorización de biomásas agroalimentarias supone avanzar en el cambio de modelo productivo en el área agroalimentaria, especialmente en una región como Andalucía, en la que el sector agroalimentario es uno de los principales motores económicos. Como se describe en este estudio, los modelos de negocio necesarios para construir un modelo rentable y sostenible de biorrefinerías pasan por involucrar a todos los actores de la cadena de valor, sobre los que se producirá un impacto directo.

### 1. Agricultores

- Mayor productividad
- Disminución de pérdidas por destrío, productos sin calidad comercial, etc.
- Disminución de la gestión de residuos producidos.
- Aprovechamiento y valorización de subproductos que actualmente se quedan en el campo sin usar.
- Modernización del sector.



### 2. Industria transformadora

- Incremento del volumen de negocio
- Revalorización de la cadena de gestión.
- Aumento de la rentabilidad de la industria existente
- Disminución del coste de la gestión de residuos, que se convierten en materias primas valorizables.

### 3. Sector de I+D+i

- Incremento de la transferencia tecnológica
- Acceso al mercado laboral fuera del ámbito estrictamente público
- Contratos de servicios demandados por la industria en la búsqueda de soluciones

## b. Generación de empleo

Como consecuencia directa del epígrafe anterior, la reactivación de la economía en zonas rurales y la reindustrialización del sector agroalimentario lleva consigo la generación de riqueza y la creación de empleo. En este sentido, además, la creación de empleo en el marco de estas iniciativas supone la creación de empleo de calidad y cualificado con diferentes perfiles, contribuyendo a la disminución del éxodo de personal cualificado en zonas rurales.

- **Empleo directo:**
  - Personal técnico: personal de I+D, técnicos de laboratorio, control en proceso, ingenieros, responsables de calidad.
  - Personal de negocio: ventas/marketing, gestión.
  - Personal de producción: operarios de producción, almacén, etc.
- **Empleo indirecto:**
  - Sector servicios.
  - Logística.
  - Consultorías y asesorías.
  - Sector financiero.

### 7. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

---

Este capítulo se centra en analizar los factores claves que determinarán la viabilidad económica de un proyecto de biorrefinería, atendiendo a los criterios anteriormente mencionados. Es importante tener en cuenta que las biorrefinerías han de ser medioambiental y socialmente sostenibles, pero también económicamente viables. Este es el mayor reto que debe abordarse al analizar la viabilidad de estas bioindustrias.

Hay que destacar que, *a priori*, no existe un único modelo económico viable para un modelo de biorrefinería. Sin embargo, los factores a tener en cuenta en el proceso de puesta en marcha de una biorrefinería, así como la inversión necesaria y el grado de competitividad, son muy diferentes en cada caso.

En este estudio se ha partido de tres escenarios diferentes, pero comparables entre sí, que facilitan la exposición de la mejora en la rentabilidad y viabilidad en la producción en un modelo de biorrefinería.

#### Primer caso

- **Tipo de bioindustria:** Construcción de una bioindustria en una nueva zona industrial. Será necesario edificar desde cero la planta de producción y también todos los servicios auxiliares.
- **Tipo de bioproducto:** Un único bioproducto con un grado de innovación bajo, es decir un producto *commodity*, obtenido a partir de una biomasa concreta.
- **Tipo de biomasa:** biomasa no localizada, es decir, tiene que ser recogida, transportada, acondicionada y almacenada en la nueva bioindustria. El residuo que produce ha de ser posteriormente gestionado.

#### Segundo caso

- **Tipo de bioindustria:** Integrada o anexa a la industria donde se genera la biomasa tras la obtención de un producto tractor. Se comparten todos los servicios auxiliares que ya existen en la actual planta industrial y se produce un ahorro adicional en algunas instalaciones comunes.

## Análisis de viabilidad de las biorrefinerías agroalimentarias andaluzas

---

- **Tipo de bioproducto:** Un único bioproducto con un grado de innovación bajo, es decir un producto *commodity*, obtenido a partir de una biomasa concreta.
- **Tipo de biomasa:** biomasa localizada y disponible. Se realiza un flujo en paralelo o *bypass* de forma que tras la obtención del bioproducto, se reintegra la biomasa al flujo habitual de la planta de producción, es decir, no se generan residuos o subproductos adicionales.

### Tercer caso:

- **Tipo de bioindustria:** Similar al segundo caso. Integrada o anexa a la industria donde se genera la biomasa tras la obtención de un producto tractor. Se comparten todos los servicios auxiliares que ya existen en la actual planta industrial y se produce un ahorro adicional en algunas instalaciones comunes.
- **Tipo de bioproducto:** Dos bioproductos:
  - Un primer bioproducto con un grado de innovación bajo, es decir un producto *commodity*, obtenido a partir de una biomasa concreta.
  - Un segundo bioproducto más innovador con un precio de venta muy superior y una entrada a mercado más lenta, que requiere un mayor esfuerzo comercial y un desarrollo en I+D previo.
- **Tipo de biomasa:** biomasa localizada y disponible. Se realiza un flujo en paralelo o *bypass* de forma que tras la obtención del bioproducto, se reintegra la biomasa al flujo habitual de la planta de producción, es decir, no se generan residuos o subproductos adicionales.

El análisis económico desarrollado parte de una serie de cifras orientativas calculadas a partir de datos medios del sector agrícola: coste de la biomasa, coste de transporte, coste de instalación industrial, etc. El objetivo principal no es hacer un estudio de viabilidad concreto sobre un modelo productivo en particular, sino un análisis comparado en el que poner de manifiesto cómo varían los parámetros económicos de una biorrefinería en función de la estrategia seguida. Por ello, y con objeto de facilitar el análisis y la comparación de los tres casos, cada uno de los parámetros incluidos en el estudio financiero se irán analizando en paralelo.

### a. Volumen de venta

Se ha partido de un volumen de venta del producto *commodity* de 1500 Ton/año, con un crecimiento interanual del 7 % desde el primer año (línea 2 de los gráficos). Es un escenario realista, ya que es un producto *commodity* del que ya existe gran demanda en el mercado y sólo será necesario ser competitivos en precio. Requiere un esfuerzo comercial moderadamente bajo y un tiempo a mercado

corto. Este supuesto se mantiene invariable en los tres casos analizados, ya que el mercado del producto no varía independientemente del método de producción. En los casos 2 y 3 se ha introducido una bajada en el precio de venta de un 5 % (línea 3 casos 2 y 3), con el objetivo de demostrar que el modelo permite ganar competitividad.

En el caso 3 se ha incluido, además, un producto innovador de mayor valor en el mercado, que es obtenido a partir de la misma biomasa anterior, en un volumen inferior y con una entrada a mercado más lenta, ya que requiere de un tiempo e inversión en investigación y desarrollo y un esfuerzo comercial mayor (líneas 18 – 33 del caso 3).

### b. Ratio de producción y volumen de materia prima necesario para producir

El ratio de producción se define como el volumen de toneladas de materia prima necesario para producir una tonelada de producto final. El ratio de producción del *commodity* se ha situado en 30 (línea 5 en los tres casos), y el del producto innovador que refleja el caso 3, en 150 (línea 21 del caso 3), ya que es un producto de mayor valor añadido en el que es necesario partir de un volumen de materia prima mayor.

### c. Coste logístico

El coste logístico, que incluye transporte desde un radio de unos 150 km, más los gastos de acondicionamiento de la biomasa y su almacenamiento anual, se ha estimado en 20 € por tonelada de materia prima (línea 7 del caso 1). En los casos 2 y 3, la instalación de la biorrefinería en las inmediaciones de la industria en la que se genera la materia prima hace que desaparezca este gasto (línea 7 de los casos 2 y 3).

### d. Coste de la materia prima

El coste de la materia prima se ha estimado en 25 €/ton en el caso 1 (línea 9 del caso 1), que incluye el precio de compra y la gestión de los residuos. Es un coste de materia prima en un escenario conservador y para una biomasa de muy poco valor añadido.

En el segundo caso, este coste se ha reducido al 20 % - pasando de 25 €/kg a 5 €/kg - (línea 9 de los casos 2 y 3). Esta reducción se basa en que, al situar la bioindustria en las inmediaciones de una industria existente, permite su valorización o gestión corriente abajo sin interferir la actividad de la industria existente. De hecho, al ser un flujo en paralelo o *bypass* el coste de la materia prima y la gestión del residuo es prácticamente cero. No obstante, se ha considerado un 20% del coste del escenario 1, en el que expresamente es necesario comprar en el mercado dicha biomasa.

En el tercer caso, el coste de la materia prima sólo se le imputa al producto *commodity*, ya que para la producción del producto innovador se emplea la misma materia prima, en un modelo de producción en paralelo (línea 25 caso 3). El volumen de biomasa necesario para producir el producto innovador es menor que el producto *commodity*, por lo que el modelo se encuentra compensado.

### e. Coste de personal, energía y otros costes de operación

Este coste se ha calculado como un % sobre la facturación, que disminuye ligeramente en el tiempo cuando el proceso se va optimizando (línea 16 caso 1). En el caso 2, en el que se trabaja en un modelo de biorrefinería integral, se ha estimado una reducción del 25 % respecto al coste en el modelo tradicional – pasando de del 13 % al 9,8 % - (línea 16 del caso 2). Este ahorro viene motivado por una reducción en los costes de operación que se producen en el modelo:

- Reducción de servicios auxiliares.
- Optimización del coste de la energía al situarse en una industria existente.
- Optimización de los costes de personal comunes a las dos industrias.

En el caso 3, el coste asociado al producto *commodity* (línea 16 del caso 3) se ha estimado igual que en el caso 2, y en el producto innovador se ha multiplicado por 3 (línea 32 caso 3). Este aumento se debe a que el ratio de producción de este producto es mucho mayor, por lo que es necesario procesar una mayor cantidad de materia prima para producir la misma cantidad de producto final.

### f. Envasado, comercialización y otros servicios externos

Estos costes se han calculado como un % sobre la facturación. En los casos 1 y 2 el coste es el mismo, ya que se asume que el gasto derivado de envasado, el esfuerzo comercial y resto de servicios asociados será el mismo (línea 17 casos 1 y 2). En el caso 3 se ha aumentado el % de esta partida para el producto innovador (línea 33 caso 3), ya que el esfuerzo y gasto en comercialización ha de ser mayor en un producto del que hay que generar demanda y posicionamiento en el mercado.

### g. Inversiones y amortizaciones

En el caso 1 se ha partido de una inversión inicial de siete millones de euros para construir una planta de producción nueva, unido a un gasto de quinientos mil euros en el tercer año en concepto de mantenimiento y mejoras (líneas 28 y 29 caso 1). Se ha estimado el plazo de amortización de la planta industrial en 15 años, valor medio entre las diferentes partidas que conforman la inversión y que tienen tiempos de amortización diferentes (30 años el terreno, 10 años los equipos industriales, etc.).

En el caso 2 se ha partido de una inversión inicial de cuatro millones y medio de euros. Este ahorro de coste se ha basado en un escenario conservador teniendo en cuenta que construir una biorrefinería en una industria ya existente permite ahorrar costes en multitud de conceptos: sistemas auxiliares como calderas de vapor, estaciones eléctricas, extinción de incendios, almacenamiento de biomasa y su acondicionamiento, gestión de residuos, etc. Se ha mantenido el gasto quinientos mil euros en mantenimiento y mejoras (líneas 28 y 29 caso 2).

En el caso 3, se parte de la misma inversión que en el caso 2, pero se ha incluido un gasto de un millón y medio de euros en el segundo año, inversión necesaria para adaptar la planta a la producción del producto innovador (líneas 44 y 45 caso 3). Asimismo, se ha considerado una inversión inicial en I+D de un millón y medio de euros (línea 46 caso 3). Esta inversión se considera necesaria para desarrollar y poner a punto el método de producción del producto innovador. El tiempo de la amortización de la I+D se ha realizado en 5 años, conforme a las tablas de amortización usuales.

### h. Impuestos

Los impuestos se han situado en todos los casos en un 25% sobre el EBIT<sup>12</sup>, valor actual del impuesto de sociedades en España (línea 22 casos 1 y 2; línea 39 caso 3).

### i. Intereses financieros

Los intereses financieros se han calculado como un 4,5 % (interés medio del crédito bancario) sobre la deuda a soportar al inicio de cada año (línea 23 casos 1 y 2; línea 40 caso 3). En el año 1 se ha calculado sobre la inversión inicial realizada y, a partir del año 2, sobre el flujo de caja acumulado el año anterior. Desde el momento en el que el flujo de caja acumulado se hace positivo, al año siguiente se deja de imputar coste financiero.

En la tabla 6 se resumen los datos de partida de cada uno de los tres casos, para facilitar la comparativa:

---

<sup>12</sup> Acrónimo en inglés para beneficios antes de intereses e impuestos, (Earnings before Interest, Taxes).

**Tabla 6.** Parámetros de partida empleados en las proyecciones financieras de los tres casos de bioindustrias analizados.

PARÁMETROS	PRIMER CASO	SEGUNDO CASO	TERCER CASO
<b>INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL</b>			
Localización	Nueva construcción	Integrada	Integrada
Inversión industrial*	7.500.000 €	5.000.000 €	6.000.000 €
Amortizaciones	15 años	15 años	15 años

<b>BIOMASA:</b>			
Tipo de biomasa	No localizada	Localizada	Localizada
Ratio (tons biomasa/1 ton bioproducto)	30	30	Commodity: 30 Innovador: 150
Volumen anual requerido (tons en 5º año)	60.000	60.000	78.000
Almacenamiento	Anual, no percedero	Anual, no percedero	Anual, no percedero
Coste biomasa (€/ton biomasa)	25€	5 €	5 €
Coste logística (transporte, acondicionado, almacenaje, residuos; €/ton biomasa)	20 €	0 €	0 €

<b>BIOPRODUCTOS A OBTENER:</b>			
Tipo de bioproducto	Commodity	Commodity	Commodity + innovador
Esfuerzo en I+D	Bajo	Bajo	Alto (1.500.000 €)
Grado de innovación	Bajo	Bajo	Alto
Tiempo a mercado	Corto	Corto	Corto/Lento
Volumen de ventas (tons, 1º año)	1.500 (+7% anual)	1.500 (+7% anual)	1.500 (+7% anual) Innovador: 60 - 120
% Personal & energía & operación sobre facturación	13% a 10%	10% a 7,5%	10% a 7,5% Innovador: 30% a 23%
% Envasado, comercialización etc. sobre facturación	5% a 3%	5% a 3%	5% a 3% Innovador: 15% - 9%

\*En el caso 1 se considera una inversión inicial de 7.000.000 € y una inversión de 500.000 € en mantenimiento el tercer año. En el caso 2 se considera inversión inicial de 4.500.000 € y una inversión de 500.000 € en mantenimiento el tercer año; en el caso 3 se considera una inversión inicial de 4.500.000 € y una inversión de 1.500.000 € en el segundo año para ampliar la capacidad para la producción del ingrediente innovador.

A continuación, se incluyen las tablas con las proyecciones para cada uno de los tres casos estudiados:

**Tabla 7. Proyecciones financieras del caso 1: Producción de un bioproducto *commodity* a partir de biomasa no localizada.**

CASO 1: Producción de un bioproducto <i>commodity</i> a partir de biomasa no localizada						
1	CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2	Volumen de producción de venta <i>commodity</i> (Ton)	1.500	1.605	1.717	1.838	1.966
3	PRECIO DE VENTA (€/ton)	2.500,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €
4	FACTURACIÓN TOTAL (€)	3.750.000 €	4.012.500 €	4.293.375 €	4.593.911 €	4.915.485 €
5	Ratio: ton de mppp/ton de producto obtenido	30	30	30	30	30
6	Volumen de materia prima total (ton)	45000	48150	51521	55127	58986
7	Coste logístico, acond. y almacenaje (€/ton mppp)	-20 €	-20 €	-20 €	-20 €	-20 €
8	Coste logístico total (€)	-900.000 €	-963.000 €	-1.030.410 €	-1.102.539 €	-1.179.716 €
9	Coste de materia prima (€/ton)	-25 €	-25 €	-25 €	-25 €	-25 €
10	Coste de materia prima total (€)	-1.125.000 €	-1.203.750 €	-1.288.013 €	-1.378.173 €	-1.474.646 €
11	Coste Total	-2.025.000 €	-2.166.750 €	-2.318.423 €	-2.480.712 €	-2.654.362 €
12	Coste unitario producción (€/ton)	-1.350 €	-1.350 €	-1.350 €	-1.350 €	-1.350 €
13	MARGEN BRUTO	1.725.000 €	1.845.750 €	1.974.953 €	2.113.199 €	2.261.123 €
14	Coste de personal, energía y otros costes de operación	-487.500 €	-481.500 €	-472.271 €	-505.330 €	-491.549 €
15	Envasado, comercialización y otros servicios externos	-187.500 €	-160.500 €	-171.735 €	-137.817 €	-147.465 €
16	% Personal & energía & operación sobre facturación	13%	12%	11%	11%	10%
17	% Envasado, comercialización etc. sobre facturación	5%	4%	4%	3%	3%
18	EBITDA	1.050.000 €	1.203.750 €	1.330.946 €	1.470.052 €	1.622.110 €
19	Amortización Planta Nueva	-466.667 €	-466.667 €	-466.667 €	-466.667 €	-466.667 €
20	Amortización modificaciones	0 €	0 €	-33.333 €	-33.333 €	-33.333 €
21	EBIT	583.333 €	737.083 €	830.946 €	970.052 €	1.122.110 €
22	Impuestos	-145.833 €	-184.271 €	-207.737 €	-242.513 €	-280.528 €
23	Interés financiero	-315.000 €	-309.488 €	-298.538 €	-304.928 €	-284.410 €
24		4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
25	BENEFICIO NETO	122.500 €	243.325 €	324.672 €	422.611 €	557.172 €
26						
27	PROYECCIONES	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
28	Inversión nueva planta de producción	-7.000.000 €				
29	Mantenimiento y modificaciones			-500.000 €		
30	INFLOW	3.750.000 €	4.012.500 €	4.293.375 €	4.593.911 €	4.915.485 €
31	OUTFLOW	-3.627.500 €	-3.769.175 €	-3.935.370 €	-4.137.967 €	-4.324.979 €
32	FLUJO DE CAJA	-6.877.500 €	243.325 €	-141.995 €	455.944 €	590.506 €
33	FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-6.877.500 €	-6.634.175 €	-6.776.170 €	-6.320.225 €	-5.729.720 €



**Tabla 8. Proyecciones financieras del caso 2: Producción de un bioproducto commodity a partir de biomasa localizada.**

CASO 2: Producción de un bioproducto commodity a partir de biomasa localizada						
1	CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2	Volumen de producción de venta commodity (Ton)	1.500	1.605	1.717	1.838	1.966
3	PRECIO DE VENTA (€/ton)	2.375,00 €	2.375,00 €	2.375,00 €	2.375,00 €	2.375,00 €
4	FACTURACIÓN TOTAL (€)	3.562.500 €	3.811.875 €	4.078.706 €	4.364.216 €	4.669.711 €
5	Ratio: ton de mmpp/ton de producto obtenido.	30	30	30	30	30
6	Volumen de materia prima total (ton)	45000	48150	51521	55127	58986
7	Coste logístico, acond. y almacenaje (€/ton de materia prima)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
8	Coste logístico total (€)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
9	Coste de materia prima (€/ton)	-5 €	-5 €	-5 €	-5 €	-5 €
10	Coste de materia prima total (€)	-225.000 €	-240.750 €	-257.603 €	-275.635 €	-294.929 €
11	Coste Total	-225.000 €	-240.750 €	-257.603 €	-275.635 €	-294.929 €
12	Coste unitario producción (€/ton)	-150 €	-150 €	-150 €	-150 €	-150 €
13	Margen bruto	3.337.500 €	3.571.125 €	3.821.104 €	4.088.581 €	4.374.782 €
14	Coste de personal, energía y otros costes de operación	-347.344 €	-343.069 €	-336.493 €	-360.048 €	-350.228 €
15	Envasado, comercialización y otros servicios externos	-178.125 €	-152.475 €	-163.148 €	-130.926 €	-140.091 €
16	% Personal & energía & operación sobre facturación	9,8%	9,0%	8,3%	8,3%	7,5%
17	% Envasado, comercialización etc. sobre facturación	5,0%	4,0%	4,0%	3,0%	3,0%
18	EBITDA	2.812.031 €	3.075.581 €	3.321.462 €	3.597.607 €	3.884.462 €
19	Amortización Planta Nueva	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €
20	Amortización modificaciones			-	-	-
				33.333,33 €	33.333,33 €	33.333,33 €
21	EBIT	2.512.031 €	2.775.581 €	2.988.129 €	3.264.273 €	3.551.129 €
22	Impuestos	-628.008 €	-693.895 €	-747.032 €	-816.068 €	-887.782 €
23	Interés financiero	-202.500 €	-126.831 €	-38.863 €		
24		4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
25	BENEFICIO NETO	1.681.523 €	1.954.854 €	2.202.234 €	2.448.205 €	2.663.347 €
26						
27	CASH FLOW PROJECTIONS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
28	Inversión inicial nueva biorrefinería	-4.500.000 €				
29	Mantenimiento y modificaciones			-500.000 €		
30	INFLOW	3.562.500 €	3.811.875 €	4.078.706 €	4.364.216 €	4.669.711 €
31	OUTFLOW	-1.880.977 €	-1.857.021 €	-1.876.473 €	-1.916.011 €	-2.006.364 €
32	FLUJO DE CAJA	-2.818.477 €	1.954.854 €	1.702.234 €	2.448.205 €	2.663.347 €
33	FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-2.818.477 €	-863.622 €	838.612 €	3.286.817 €	5.950.163 €

**Tabla 9. Proyecciones financieras del caso 3: Producción de un bioproducto commodity y un producto innovador a partir de biomasa localizada.**

CASO 3: Producción de un bioproducto commodity y un producto innovador a partir de biomasa localizada						
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	<b>CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS</b>					
2	Volumen de producción de venta commodity (Ton)	1.500	1.605	1.717	1.838	1.966
3	PRECIO DE VENTA (€/ton)	2.375,00 €	2.375,00 €	2.375,00 €	2.375,00 €	2.375,00 €
4	<b>FACTURACIÓN TOTAL (€)</b>	<b>3.562.500 €</b>	<b>3.811.875 €</b>	<b>4.078.706 €</b>	<b>4.364.216 €</b>	<b>4.669.711 €</b>
5	Ratio: ton de mmpp/ton de producto obtenido	30	30	30	30	30
6	Volumen de materia prima total (ton)	45000	48150	51521	55127	58986
7	Coste logístico, acondicionamiento y almacenaje (€/ton de materia prima)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
8	Coste logístico total (€)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
9	Coste de materia prima (€/ton)	-5 €	-5 €	-5 €	-5 €	-5 €
10	Coste de materia prima total (€)	-225.000 €	-240.750 €	-257.603 €	-275.635 €	-294.929 €
11	Coste Total	-225.000 €	-240.750 €	-257.603 €	-275.635 €	-294.929 €
12	Coste unitario producción (€/ton)	-150 €	-150 €	-150 €	-150 €	-150 €
13	<b>Margen bruto</b>	<b>3.337.500 €</b>	<b>3.571.125 €</b>	<b>3.821.104 €</b>	<b>4.088.581 €</b>	<b>4.374.782 €</b>
14	Coste de personal, energía y otros costes de operación	-347.344 €	-343.069 €	-336.493 €	-360.048 €	-350.228 €
15	Envasado, comercialización y otros servicios externos	-178.125 €	-152.475 €	-163.148 €	-130.926 €	-140.091 €
16	% Personal & energía & operación sobre facturación	9,8%	9,0%	8,3%	8,3%	7,5%
17	% Envasado, comercialización etc. sobre facturación	5,0%	4,0%	4,0%	3,0%	3,0%
18	Volumen de producción de venta producto innovador (Ton)	0	0	60	90	120
19	PRECIO DE VENTA (€/ton)	32.000,00 €	32.000,00 €	32.000,00 €	32.000,00 €	32.000,00 €
20	<b>FACTURACIÓN TOTAL (€)</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>	<b>1.920.000 €</b>	<b>2.880.000 €</b>	<b>3.840.000 €</b>
21	Ratio de producción: ton de mmpp/ton de producto obtenido.	150	150	150	150	150
22	Volumen de materia prima total (ton)	0	0	9000	13500	18000
23	Coste logístico (€/ton de materia prima)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
24	Coste logístico total (€)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
25	Coste de materia prima (€/ton)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
26	Coste de materia prima total (€)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
27	Coste Total	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
28	Coste unitario producción (€/ton)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
29	<b>Margen bruto</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>	<b>1.920.000 €</b>	<b>2.880.000 €</b>	<b>3.840.000 €</b>
30	Coste de personal, energía y otros costes de operación	0 €	0 €	-475.200 €	-712.800 €	-864.000 €
31	Envasado, comercialización y otros servicios externos	0 €	0 €	-230.400 €	-259.200 €	-345.600 €
32	% Personal & energía & operación sobre facturación	29,3%	27,0%	24,8%	24,8%	22,5%
33	% Envasado, comercialización etc. sobre facturación	15,0%	12,0%	12,0%	9,0%	9,0%
34	<b>EBITDA</b>	<b>2.812.031 €</b>	<b>3.075.581 €</b>	<b>4.535.862 €</b>	<b>5.505.607 €</b>	<b>6.514.862 €</b>
35	Amortización (biorrefinería)	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €
36	Amortización (ampliación)		-100.000 €	-100.000 €	-100.000 €	-100.000 €
37	Amortización I+D	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €	-300.000 €
38	<b>EBIT</b>	<b>2.212.031 €</b>	<b>2.375.581 €</b>	<b>3.835.862 €</b>	<b>4.805.607 €</b>	<b>5.814.862 €</b>
39	Impuestos	-331.805 €	-356.337 €	-575.379 €	-720.841 €	-872.229 €
40	Interés financiero	-337.500 €	-200.577 €	-186.237 €	-47.896 €	
41		4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
42	<b>BENEFICIO NETO</b>	<b>1.542.727 €</b>	<b>1.818.667 €</b>	<b>3.074.246 €</b>	<b>4.036.869 €</b>	<b>4.942.633 €</b>
43	<b>CASH FLOW PROJECTIONS</b>					
44	Inversión inicial biorrefinería	-4.500.000 €				
45	Inversión ampliación		-1.500.000 €			
46	Inversión I+D	-1.500.000 €				
47	<b>INFLOW</b>	<b>3.562.500 €</b>	<b>3.811.875 €</b>	<b>5.998.706 €</b>	<b>7.244.216 €</b>	<b>8.509.711 €</b>
48	<b>OUTFLOW</b>	<b>-2.019.773 €</b>	<b>-1.993.208 €</b>	<b>-2.924.461 €</b>	<b>-3.207.346 €</b>	<b>-3.567.078 €</b>
49	<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-4.457.273 €</b>	<b>318.667 €</b>	<b>3.074.246 €</b>	<b>4.036.869 €</b>	<b>4.942.633 €</b>
50	<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>-4.457.273 €</b>	<b>-4.138.607 €</b>	<b>-1.064.361 €</b>	<b>2.972.508 €</b>	<b>7.915.141 €</b>

## CONCLUSIONES

Si bien en el estudio financiero descrito se ha partido de modelos hipotéticos para mostrar con datos numéricos las ventajas de trabajar en un modelo de biorrefinería integrada, la principal conclusión es que el modelo de biorrefinería integrada ofrece multitud de ventajas que disminuyen los costes asociados y aumentan enormemente la rentabilidad económica.

Este estudio pretende analizar como los modelos son viables o no dependiendo de la estrategia empleada y que cada caso requiere de un abordaje diferente.

Se detallan a continuación los datos más relevantes del estudio realizado.

### Coste de producción unitario:

El coste de producción unitario se reduce desde 1.350 €/ton en el caso 1 (línea 12, caso 1), hasta 150 €/ton en los casos 2 y 3 (línea 12, casos 2 y 3), debido al ahorro en gasto de transporte, al coste de la materia prima y al coste asociado a la gestión del residuo producido.

### Inversión inicial:

La inversión inicial se reduce un 40 % en un modelo de biorrefinería integrada, pasando de 7.000.000 € a 4.500.000 €, gracias a la disminución en la inversión necesaria en instalaciones y equipamiento que ya están presentes en la industria existente.

### Rentabilidad del modelo:

A partir de los datos analizados, los tres modelos son económicamente rentables, con EBITDAs <sup>13</sup> y beneficios netos positivos desde el primer año. Sin embargo, los modelos 2 y 3 son mucho más rentables a corto y medio plazo, como puede observarse en la figura 4.

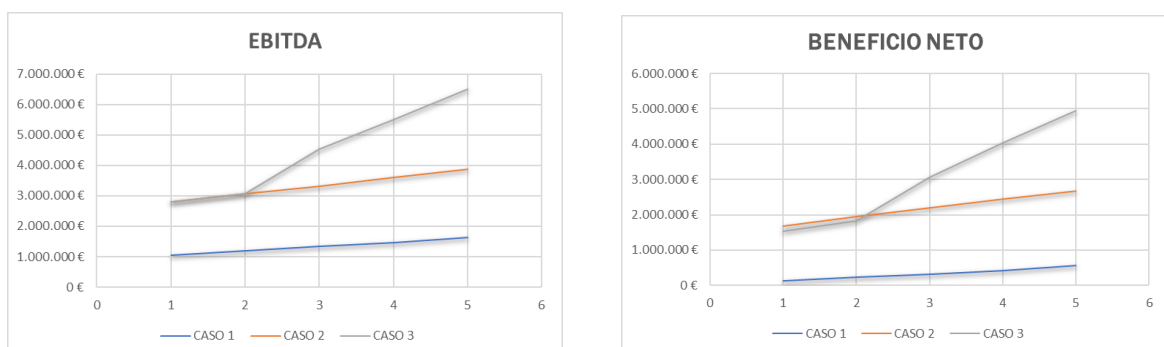


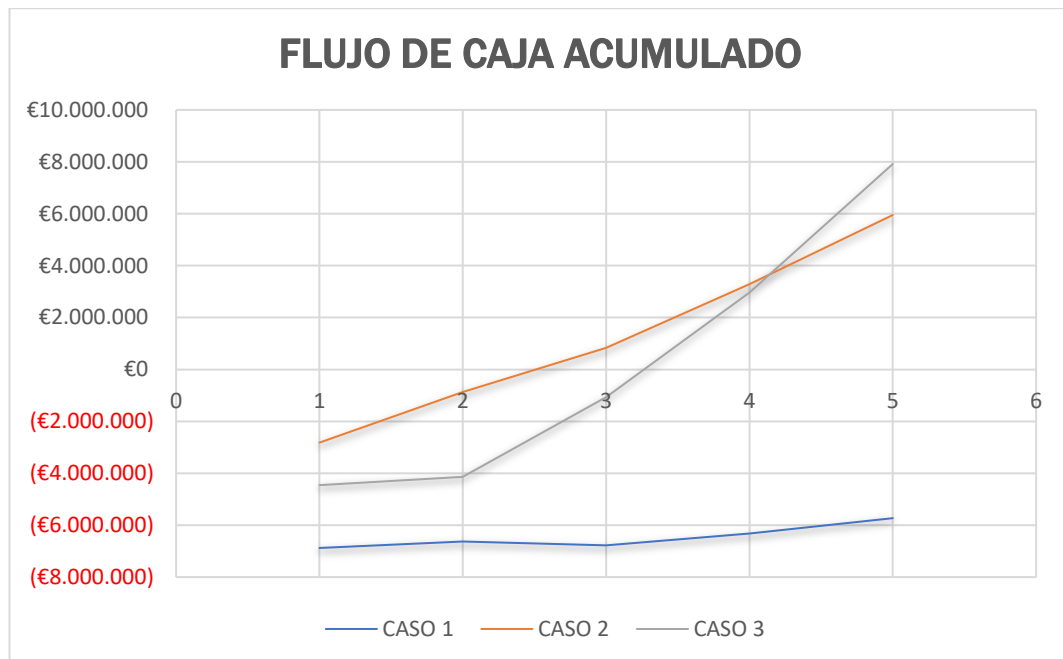
Figura 4. Evolución del EBITDA y el beneficio neto en los tres casos analizados.

<sup>13</sup> Acrónimo en inglés para beneficios antes de intereses, impuestos y amortizaciones (Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization).

### Retorno de la inversión (ROI):

En cuanto al retorno de la inversión inicial, en el caso 2 se produce un flujo acumulado positivo a partir del tercer año y en el caso 3 a partir del cuarto año, con un retorno acumulado en el año 5 de 6 M€ en el caso 2 y de 8 M€ en el caso 3.

Respecto al caso 1, si bien es cierto que el modelo es rentable a largo plazo, ya que como se ha analizado previamente el EBITDA y el beneficio neto son positivos, el retorno de la inversión inicial es mucho más lento, ya que en los 5 años de la proyección realizada aún no se ha recuperado la inversión inicial. La figura 5 muestra la evolución del flujo de caja en los tres casos analizados.



**Figura 5.** Evolución del flujo de caja acumulado y el retorno de la inversión (ROI) en los tres casos analizados.

### 8. FACTORES ADICIONALES

---

#### 8.1. Modelos de negocio y análisis de la cadena de valor. Colaboración entre diferentes sectores industriales.

Para que sea viable, un proyecto de biorrefinería tiene que poner de acuerdo a muchos actores de sectores muy diferentes, desde agricultores a productores e innovadores. En este sentido, es necesario analizar la cadena de valor y ver como se revaloriza cada punto de la cadena.

Cuando ya se encuentra implantada una biorrefinería o bioindustria, sustentada en uno o más productos tractores, es posible promover su evolución hacia un modelo de biorrefinería o bioindustria multiproducto más rentable, incluyendo para ello nuevos productos gregarios en un diseño con flujo en paralelo o *bypass*. Suele ser habitual que estos nuevos procesos impliquen el uso de tecnologías nuevas y diferentes a nivel sectorial, con las que el operador actual no esté familiarizado. En este sentido, la colaboración con otras empresas que sí son expertas en estas tecnologías allana el camino, acorta el tiempo a mercado y aumenta la competitividad, ya que habitualmente los productos que se obtienen en las interfases entre dos empresas con conocimientos tecnológicos muy diferentes, son altamente innovadores y de alto valor añadido. Sin embargo, estas líneas de colaboración requieren de acuerdos empresariales, alianzas estratégicas o *joint-ventures* que no siempre son sencillos. Uno de los principales retos actuales es definir y diseñar modelos de negocio innovadores en los que actores de sectores industriales diferentes se encuentren cómodos. Una alianza de estas características, en la que todos los operadores de la cadena están alineados, cada uno conoce sus funciones y las ejecuta correctamente, se transforma en un modelo de bioindustria con altas probabilidades de éxito.

#### 8.2. El valor real de la biomasa

Un error bastante común a la hora de desarrollar un plan de negocio es suponer que el coste de la biomasa es despreciable, especialmente cuando se trata de un subproducto o un residuo industrial que en ese momento no tiene un valor de mercado definido para el operador que la genera.

Un producto, subproducto o residuo no tiene valor hasta que se le comienza a dar un uso. Si un actor piensa que otro eslabón de la cadena está sacando partido a su costa, la cadena se rompe. Es necesario desarrollar estrategias en las que se consiga involucrar a todas las partes.

### **8.3. Modelo industrial**

Como se ha definido a lo largo de este estudio, el modelo industrial debe estar alineado con el mercado objetivo, el volumen de inversión necesario y con toda la cadena de suministro de la biomasa. Para ello, es crítico tener en cuenta una serie de factores:

- Identificar correctamente la existencia de un producto tractor o un producto gregario es crítico en el diseño inicial de una bioindustria.
- Aprovechar los canales de distribución actuales y de la logística existente en una industria implantada.
- Valorar la posibilidad de obtener productos gregarios en una bioindustria creada o de nueva creación para mejorar la rentabilidad de la industria e incrementar su viabilidad y sostenibilidad. Analizar las opciones de la biomasa corriente abajo del proceso productivo.
- Alinear los volúmenes de demanda con la capacidad de producción y la definición de los flujos del proceso.
- Involucrar en el modelo de negocio a actores que ya operen en ese sector, ya que garantiza el acceso al mercado, muy especialmente en productos innovadores o en nichos de mercado de difícil entrada. Las empresas que ya operan en un sector conocen los canales de entrada, distribución, logística, estrategias de comercialización, etc., lo que supone una garantía para el éxito comercial de un producto en el mercado.
- Aprovechar los servicios existentes en las bioindustrias ya instaladas para disminuir la inversión inicial.

### **8.4. Importancia del precio de venta**

El objetivo de las biorrefinerías o bioindustrias debe ser obtener productos que sean competitivos en el mercado independientemente de su proceso de obtención. Como se ha definido previamente, atendiendo a su entrada en el mercado y a la existencia de productos competidores, los productos pueden dividirse en bioproductos innovadores y bioproductos commodities. En los productos commodities el factor precio es determinante para su entrada en el mercado, ya que por definición competirá con alternativas iguales o muy similares en cuanto a uso y calidad. En cambio, los productos innovadores tienen una mayor flexibilidad en su precio de venta, siempre y cuando aseguren su diferenciación en el mercado y sus ventajas claras respecto a las soluciones existentes.

### Producción en el marco de biorrefinerías como diferencia en el mercado.

La demanda actual de productos medioambientalmente sostenibles se encuentra en crecimiento debido a la mayor conciencia general por parte de los consumidores frente al cambio climático y el impacto medioambiental de los productos obtenidos a partir de insumos fósiles. Sin embargo, de cara a asegurar la viabilidad de mercado de un nuevo producto, especialmente de productos *commodities*, el objetivo ha de ser competir en igualdad de condiciones en cuanto al precio de mercado. Como se ha descrito previamente, los productos *commodities* no tienen un alto valor añadido y su entrada en mercado depende, principalmente, de su relación calidad-precio. Este factor es especialmente relevante en mercados de productos básicos y en negocios B2B. El mayor precio de algunos productos obtenidos de manera sostenible puede resultar en muchos casos una barrera de mercado muy importante. En un modelo de negocio B2B, en el que el impacto en el precio de los productos intermedios en la cadena de valor es muy importante, es difícil justificar el sobrecoste de un producto por su origen.

Los modelos basados únicamente en la mayor sostenibilidad de un producto están fuertemente influenciados por el efecto tractor del consumidor final. Estos modelos pueden ser viables económicamente si se define un segmento del mercado con un poder adquisitivo moderadamente alto y dispuesto a pagar un sobrecoste, pero en un mercado global tienen una entrada más difícil. Como se ha comentado previamente, el objetivo tiene que ser obtener productos que sean ecológicos y sostenibles, pero a la vez competitivos y de acceso para el consumidor medio.

### 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

---

#### BIOMASA

- Las biomásas localizadas que están disponibles en elevadas cantidades y se pueden almacenar a lo largo del año son, *a priori*, las más atractivas para la obtención de bioproductos en un modelo de biorrefinería o bioindustria.
- Para la explotación de biomásas no localizadas, la creación de centros logísticos de recogida de biomasa es una opción que puede dar buen resultado para el aprovechamiento de la misma y la obtención de determinados tipos de bioproductos.

#### BIOPRODUCTOS

- Los **bioproductos innovadores** suelen tener un alto valor añadido, una propiedad intelectual fuerte y una elevada rentabilidad, pero tienen tiempos a mercado lentos, bajos volúmenes de venta y baja demanda de biomasa. Los **bioproductos commodities** tienen bajo grado de innovación, menor valor añadido y menor rentabilidad, pero tienen tiempos a mercado más rápidos, con mayores volúmenes de venta y mayor demanda de biomasa.
- Es preciso encontrar el **equilibrio entre bioproductos con alto y bajo grado de innovación**. Apostar únicamente por productos con alto grado de innovación no nos garantiza la viabilidad de una biorrefinería.
- Los bioproductos innovadores requieren **importantes esfuerzos en I+D**. En este sentido, debe fomentarse la creación de consorcios de investigación público-privados.

#### TECNOLOGÍA

- La **obtención de lotes piloto** es hoy por hoy uno de los mayores factores limitantes del proceso de desarrollo de biorrefinerías y bioproductos en Andalucía.
- Se requieren acciones específicas a nivel de comunidad autónoma que faciliten la disponibilidad de estas tecnologías en una **biorrefinería piloto** con una configuración versátil, adaptable a las diferentes necesidades que



requerirá la industria y con un diseño de planta piloto con configuración industrial. Esto es, un diseño más próximo a una planta demostrativa que a una escala de laboratorio.

- Dado que las tecnologías a emplear en una biorrefinería son muchas y muy diversas, es altamente complicado disponer de todas ellas en una comunidad autónoma como la andaluza. Una buena estrategia para Andalucía podría ser emprender **acciones para complementar y especializarse en tecnologías no disponibles** en otras comunidades autónomas o en otros países europeos.

### MERCADOS

- Los principales mercados para los bioproductos de biomásas agrícolas andaluzas son: la **industria farmacéutica, alimentación humana, nutrición animal, cosmética, química y la bioenergía**.
- En el diseño de una biorrefinería hay que **contar necesariamente con agentes concedores de cada mercado** en el que se quiera comercializar un determinado bioproducto, a fin de adaptar exactamente las especificaciones del mismo a la demanda de ese mercado, además de conocer sus características, como el volumen del mercado, los canales de distribución y venta, su precio recomendado, entre otros factores.

### DISEÑO DE BIORREFINERÍAS

- Es preciso identificar y diferenciar correctamente **productos tractores**, que garantizan por sí mismos, todos los gastos asociados a una biorrefinería, de **productos gregarios** que, aun siendo rentables, no tienen entidad por sí mismos para asegurar la viabilidad de una bioindustria.
- La **viabilidad industrial** se ve comprometida cuando, equivocadamente, se convierte un producto gregario en tractor.
- Los productos con importante esfuerzo en **I+D son habitualmente productos gregarios** y no tractores, en el sentido de que, al ser productos de alto valor añadido, incrementan la viabilidad de una bioindustria, pero es complicado que puedan asegurarla por sí mismos.
- En una biorrefinería integral y multiproducto, los **flujos seriados o en cascada deben estar sincronizados** en necesidad de biomasa, cantidad producida, coste de producción y demanda en el mercado de cada uno de estos bioproductos.

- El diseño más aconsejable de una biorrefinería o bioindustria es un proceso secuencial, **en cascada o seriado** para productos tractores y un proceso **en paralelo o bypass** para los bioproductos gregarios. que deben estar integrados en una instalación industrial en la que se produzcan productos tractores.

### COLABORACIÓN EMPRESARIAL

- La **colaboración empresarial con otras empresas con áreas de conocimiento complementarias** allana el camino, acorta el tiempo a mercado y aumenta la competitividad. Habitualmente, los productos que se obtienen en las interfases entre empresas con conocimientos tecnológicos muy diferentes, son altamente innovadores y de alto valor añadido.
- Se debe promover la colaboración entre empresas con áreas de trabajo y conocimientos diferentes y complementarios. La **creación de un cluster** andaluz de bioeconomía es muy recomendable.