

BIORREFINERÍAS
UNA INELUDIBLE OPCIÓN
DE FUTURO

Colección: CIENCIAS EXPERIMENTALES Y DE LA SALUD
Serie: 'Avances recientes'

Director

FRANCISCO PARTAL UREÑA
Profesor titular del Área de Química Física. Universidad de Jaén

Coordinadores para la serie Avances recientes

Biología Molecular y Celular
JUAN PERAGÓN SÁNCHEZ
Área de Biología Experimental. Universidad de Jaén

Física y Química Avanzadas
ANTONIO MARCHAL INGRAIN
Área de Química Inorgánica y Orgánica. Universidad de Jaén

Ciencias de la tierra y del medioambiente
JUAN JIMÉNEZ MILLÁN
Área de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Jaén

FRANCISCO JOSÉ GUERRERO RUIZ
Área de Ecología. Universidad de Jaén

M.^a ÁFRICA YEBRA RODRÍGUEZ
Área de Geología. Universidad de Jaén

Matemáticas

JUAN MARTÍNEZ MORENO
Área de Matemática Aplicada. Universidad de Jaén

JOSÉ MIGUEL MANZANO PREGO
Área de Matemática Aplicada. Universidad de Jaén

Comité Científico

BERNARDO HERRADÓN GARCÍA
CSIC. España

ALEJANDRA SIERRA LÓPEZ
University of East. Finland

INMACULADA DE VICENTE ÁLVAREZ-MANZANEDA
Universidad de Granada. España

FRANCISCO TORRALBO TORRALBO
Universidad de Granada. España

BIORREFINERÍAS UNA INELUDIBLE OPCIÓN DE FUTURO

EDITOR

EULOGIO CASTRO GALIANO



CIENCIAS EXPERIMENTALES Y DE LA SALUD
AVANCES RECIENTES



Biorrefinerías, una ineludible opción de futuro / Eulogio Castro Galiano (editor) -- Jaén : Universidad de Jaén, UJA Editorial, 2026.

214 p. ; 17x24 cm - (Ciencias Experimentales y de la Salud. Serie Avances Recientes ; 9)

ISBN 978-84-9159-732-2

1. Petróleo-Refinerías 2. Desarrollo sostenible I. Castro Galiano, Eulogio, ed.lit. II. Título III. Universidad de Jaén. UJA Editorial ed.

665.62:504

Esta obra ha superado la fase previa de evaluación externa realizada por pares mediante el sistema de doble ciego

COLECCIÓN: Ciencias experimentales y de la salud

Director: Francisco Partal Ureña

SERIE: *Avances recientes*, 9

© Autoras/es

© Universidad de Jaén

Primera edición, marzo 2026

ISBN: 978-84-9159-732-2

ISBNe: 978-84-9159-733-9

Depósito Legal: J-103-2026

EDITA

Universidad de Jaén. UJA Editorial

Vicerrectorado de Cultura

Campus Las Lagunillas, Edificio Biblioteca

23071 Jaén (España)

Teléfono 953 212 355

web: editorial.ujaen.es



editorial@ujaen.es

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

José Miguel Blanco. www.blancowhite.net

IMPRIME

Gráficas «La Paz» de Torredonjimeno, S. L.

Impreso en España/*Printed in Spain*

«Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar, escanear o hacer copias digitales de algún fragmento de esta obra».

ÍNDICE

Prólogo	11
Definiciones básicas y abreviaturas	15
Resumen (Abstract)	18
C1 INTRODUCCIÓN A LAS BIORREFINERÍAS	21
Resumen	
1. ¿Qué es una biorrefinería?	21
2. Importancia en la transición energética	24
3. Historia y evolución de las biorrefinerías	26
4. Tipos de biorrefinerías: biocombustibles, biomateriales y bioquímicos	29
5. Ventajas y desafíos de las biorrefinerías	34
5.1. Ventajas de las biorrefinerías	
5.2. Desafíos de las biorrefinerías	
Conclusiones	
Bibliografía	
C2 MATERIAS PRIMAS EN BIORREFINERÍAS	43
Resumen	
1. Biomasa: origen y tipos	43
1.1. Panorama general en España.	
1.2. Producción de biomasa en Andalucía	
1.3. Jaén y su potencial: olivar y residuos agroindustriales	
2. Biomásas agrícolas	54
3. Biomásas forestales	56
4. Residuos sólidos urbanos, agroindustriales y ganaderos	57
4.1. Residuos urbanos	
4.2. Residuos agroindustriales	
4.3. Residuos ganaderos	
5. Biomasa algal	61
6. Logística de la biomasa y operaciones previas	62
Conclusiones	
Bibliografía	

C3 TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN**69**

Resumen

1. Introducción a las tecnologías de conversión **69**
2. Procesos termoquímicos: gasificación, pirólisis y combustión **70**
3. Procesos bioquímicos: fermentación y digestión anaerobia **73**
 - 3.1. Transformación de la biomasa a través de la fermentación
 - 3.2. Transformación de la biomasa a través de la digestión anaeróbica
4. Procesos físico-químicos **79**

Conclusiones

Bibliografía

C4 PRODUCTOS DE UNA BIORREFINERÍA**83**

Resumen

1. Introducción **83**
2. Biocombustibles **86**
 - 2.1. Biodiésel
 - 2.2. Bioetanol
 - 2.3. Biogás
3. Biomateriales y biopolímeros
4. Químicos verdes y especialidades químicas **95**
5. Aplicaciones y mercados emergentes **97**

Conclusiones

Bibliografía

99

C5 SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR EN BIORREFINERÍAS **105**

Resumen

1. Contribución de las biorrefinerías a la sostenibilidad y la economía circular **105**
 - 1.1. Empleo de recursos renovables
Refuerzo de bioeconomías descentralizadas
 - 1.2. Mitigación del cambio climático
Biocombustibles bajos en carbono
 - 1.3. Prevención y control de la contaminación – Biosoluciones más limpias
 - 1.4. Uso de fuentes de biomasa secundarias
Cerrando el ciclo del carbono
2. ¿Cómo medimos la sostenibilidad? Ciclo de vida y análisis de impacto **115**
 - 2.1. ¿Qué es el Análisis de Ciclo de Vida?
 - 2.2. ¿Cómo se realiza un Análisis de Ciclo de Vida?
 - 2.3. Más allá del impacto ambiental: sostenibilidad social y económica

Conclusiones

Bibliografía

C6 POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS EN EUROPA Y ESPAÑA **131**

Resumen

1. Estrategias europeas en Bioeconomía y sostenibilidad **133**
2. Impacto de la legislación sobre el desarrollo de Biorrefinerías **139**
3. Estrategias españolas en Bioeconomía y Sostenibilidad **146**
4. Proyectos destacados en España **150**

Conclusiones

Bibliografía

C7 BIORREFINERÍAS A NIVEL INTERNACIONAL, EN ESPAÑA, ANDALUCÍA Y JAÉN

159

Resumen

- | | | |
|------|--|------------|
| 1. | Panorama internacional: casos de éxito | 159 |
| 1.1. | Producción de ácido levulínico y sus derivados (GFBiochemicals, Italia) | |
| 1.2. | Biorrefinería forestal (UPM Biofuels, Finlandia) | |
| 1.3. | Biorrefinería de microalgas (Algenol, Estados Unidos) | |
| 1.4. | Biorrefinería integrada para la producción de bioplásticos (NatureWorks, Estados Unidos) | |
| 1.5. | Biorrefinería de etanol a partir de residuos agrícolas (COXenergy, Estados Unidos) | |
| 1.6. | Biorrefinería de caña de azúcar (Raízen, Brasil) | |
| 1.7. | Biorrefinería de celulosa y derivados (Borregaard, Noruega) | |
| 2. | Panorama general en España | 167 |
| 3. | El desarrollo de las biorrefinerías en Andalucía | 173 |
| 3.1. | Experiencias y proyectos en Andalucía | |
| 3.2. | Actuaciones en la provincia de Jaén | |

Conclusiones

Bibliografía

C8 DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LAS BIORREFINERÍAS

181

Resumen

- | | | |
|----|---|------------|
| 1. | Introducción | 181 |
| 2. | Debilidades de las biorrefinerías | 182 |
| 3. | Amenazas y barreras al desarrollo de las biorrefinerías | 184 |
| 4. | Fortalezas de las biorrefinerías | 187 |
| 5. | Oportunidades y tendencias para la bioindustria en España | 191 |
| 6. | Matriz DAFO | 194 |

Conclusiones

Bibliografía

C9 FUTURO DE LAS BIORREFINERÍAS

199

Resumen

1. Visión futura de las biorrefinerías y la bioeconomía **199**
2. Perspectivas de desarrollo en España **201**
 - 2.1. Recursos y potencial de las biorrefinerías en España
 - 2.2. Tecnologías emergentes y modelos de biorrefinería
 - 2.3. Desafíos y barreras para su desarrollo
 - 2.4. Proyecciones y oportunidades de crecimiento
3. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible **207**

Conclusiones

Bibliografía

00 PRÓLOGO

Hoy más que nunca, el mundo necesita soluciones sostenibles que puedan responder a los crecientes desafíos ambientales y energéticos. En este sentido, las biorrefinerías representan una opción clave y prometedora. Pero ¿qué es una biorrefinería? En pocas palabras, una biorrefinería es una instalación que permite transformar biomasa, como residuos agrícolas, forestales y otras fuentes renovables, en productos útiles como biocombustibles, materiales y químicos que pueden sustituir a los derivados del petróleo. Este concepto, aunque complejo en sus aspectos técnicos, puede tener un gran impacto en la vida cotidiana, y es precisamente este conocimiento el que buscamos compartir a través de este libro.

Biorrefinerías: una opción ineludible de futuro ha sido concebido con un enfoque divulgativo, dirigido a un público general. Con años de experiencia en el sector, los autores han trabajado para plasmar aquí

no solo conocimientos especializados, sino también un lenguaje cercano que permita al lector comprender la relevancia y las posibilidades de las biorrefinerías.

El propósito de este libro va más allá de la simple transmisión de conocimientos técnicos y abarca tres objetivos básicos:

1. Informar al público general sobre el concepto de biorrefinería, sus procesos y productos, haciendo hincapié en sus beneficios para el medio ambiente y la economía.
2. Despertar interés en los desafíos y oportunidades que representan las biorrefinerías en la transición hacia una economía más verde y menos dependiente de los combustibles fósiles.
3. Motivar a la sociedad a apoyar y a las nuevas generaciones a investigar y transferir conocimiento en este campo que puede contribuir de manera significativa a un futuro sostenible.

Los autores de esta obra son miembros del recientemente creado Instituto Interuniversitario de Investigación en Biorrefinerías (I3B), que nace con la misión de impulsar el conocimiento y la innovación en el campo del aprovechamiento sostenible de la biomasa. Actualmente, está integrado por investigadores de las universidades de Jaén, Almería, Granada, Huelva, Málaga y Sevilla. Este libro constituye una obra coral que refleja la rica diversidad de líneas de investigación que desarrollan los integrantes del I3B, abarcando enfoques tan variados como las vías bioquímica y termoquímica, el análisis del ciclo de vida, la sostenibilidad, y otros aspectos clave en la transición hacia modelos energéticos y productivos más sostenibles.

El recorrido comienza explorando el concepto de biorrefinería, su importancia en la transición energética y su evolución histórica, así como los diferentes tipos que existen, centrados en biocombustibles, biomateriales o bioquímicos, sin olvidar sus ventajas y desafíos (capítulo 1). A continuación, se analizan las materias primas utilizadas, desde biomasa agrícola y forestal hasta residuos urbanos y algas, destacando el potencial de regiones como Andalucía y Jaén, donde el olivar y los subproductos agroindustriales desempeñan un papel fundamental (capítulo 2).

Para convertir estas materias primas en productos útiles, se emplean diversas tecnologías, como procesos termoquímicos (gasificación, pirólisis), bioquímicos (fermentación, digestión anaerobia) y físico-químicos, cada uno con sus propias aplicaciones y niveles de eficiencia (capítulo 3). Los resultados de estos procesos incluyen biocombustibles (biodiésel, bioetanol, biogás), biomateriales y químicos verdes, que abren nuevas oportunidades en mercados emergentes y refuerzan la bioeconomía (capítulo 4).

Uno de los aspectos más relevantes de las biorrefinerías es su contribución a la sostenibilidad y la economía circular, ya que promueven el uso de recursos renovables, ayudan a mitigar el cambio climático y reducen residuos. Herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

permiten evaluar su impacto ambiental, social y económico de manera integral (capítulo 5). Este desarrollo no sería posible sin un marco político adecuado, por lo que se examinan las estrategias europeas y españolas que fomentan la bioeconomía, así como el papel de la legislación en el crecimiento del sector (capítulo 6).

A nivel práctico, el libro presenta casos de éxito internacionales, como los de Italia, Finlandia y Brasil, que demuestran el potencial de las biorrefinerías, junto con ejemplos concretos en España, especialmente en Andalucía y Jaén, donde proyectos locales aprovechan recursos como el olivar para generar productos sostenibles (capítulo 7). Sin embargo, el sector aún enfrenta desafíos, como la competencia con los combustibles fósiles o los altos costes de inversión, aunque también cuenta con fortalezas y oportunidades, como la innovación tecnológica y el apoyo político, tal como se refleja en un análisis DAFO (capítulo 8). No se han dejado de lado los desafíos y barreras que enfrenta el sector. Se analizan los inhibidores generados durante el pretratamiento de la biomasa y su impacto en los procesos fermentativos, así como las estrategias para mitigar sus efectos. Además, se discuten aspectos relacionados con la sostenibilidad y el análisis de ciclo de vida de los productos obtenidos, comparando su huella ambiental con la de productos derivados del petróleo.

El libro cierra con una mirada al futuro, destacando el potencial de las biorrefinerías en España y su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se ofrecen recomendaciones para superar barreras y aprovechar las tendencias emergentes, proyectando un horizonte prometedor para esta industria (capítulo 9).

Con un énfasis especial en las particularidades y oportunidades que ofrece Andalucía, esta obra combina el rigor científico con una perspectiva divulgativa, invitando al lector a explorar las soluciones que las biorrefinerías ofrecen para afrontar los grandes retos medioambientales y económicos de nuestro tiempo. En estas páginas encontrará una visión integradora y comprometida, fruto del esfuerzo colectivo de un equipo multidisciplinar de investigadores.

Esperamos que cada lector, además de una introducción clara y accesible al mundo de las biorrefinerías, identifique esta obra como una fuente de inspiración para valorar y promover estas alternativas sostenibles. Que este libro sea una puerta de entrada al conocimiento y un paso adelante hacia un modelo energético y productivo más respetuoso con nuestro entorno.