

# Guía de asignatura – Máster en Biotecnología Industrial y Ambiental

## Datos básicos de la asignatura

|                             |                                                                                                                                                                                     |  |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Asignatura:                 | <b>BIOENERGÍA Y BIORREFINERÍAS</b>                                                                                                                                                  |  |
| Tipo (Oblig/Opt):           | Optativo                                                                                                                                                                            |  |
| Créditos ECTS:              | 6                                                                                                                                                                                   |  |
| Teóricos/prácticos:         | 4,5                                                                                                                                                                                 |  |
| Seminarios/conferencias:    | 1                                                                                                                                                                                   |  |
| Tutorías y Evaluación:      | 0,5                                                                                                                                                                                 |  |
| Curso:                      | Primero                                                                                                                                                                             |  |
| Semestre:                   | Segundo                                                                                                                                                                             |  |
| Departamentos responsables: | Ingeniería Química y de Materiales                                                                                                                                                  |  |
| Profesor responsable:       | Carlos Negro Álvarez                                                                                                                                                                |  |
| Profesores:                 | Ángeles Blanco Suárez, Elena de la Fuente González, Felipe de Salas de la Cuadra, Priscila Vergara Alarcón, Alicia M <sup>a</sup> Prieto Orzanco, M <sup>a</sup> José Negro Álvarez |  |

## Datos específicos de la asignatura

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Descriptor: | <p>El término bioenergía hace referencia a la obtención de energía a partir de fuentes de energía renovables y limpias alternativas a los combustibles fósiles. Así mismo, en los procesos de producción biotecnológicos como los derivados de la actividad humana y animal se producen residuos que hay que procesar. La conversión de estos residuos en compuestos de valor añadido y/o bioenergía por diversas vías (térmica, catalítica, enzimática y microbiana) constituyen una tecnología denominada biorrefinería, base de los procesos biosostenibles y respetuosos con el medioambiente.</p> <p>En esta materia se abordará el concepto de bioenergía, tipos y procesos de producción. Definición de biorrefinería. Conversión de residuos en compuestos de valor añadido y/o energía mediante procesos biotecnológicos. Desarrollo de nuevos procesos fermentativos basados en el glicerol procedente del biodiesel como fuente de carbono. Desarrollo de nuevos procesos fermentativos basados en la lactosa procedente de la industria láctea como fuente de carbono. Nuevos procesos para la revalorización de residuos agroforestales e industriales.</p> |
| Idioma      | Castellano                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## Competencias

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Competencias generales (CG) y transversales (CT) | <p><b>COMPETENCIAS GENERALES</b></p> <p>CG1 - Reconocer y valorar los mecanismos, organismos y sistemas biológicos implicados en procesos biotecnológicos</p> <p>CG4 - Evaluar, interpretar y sintetizar datos e información de procesos biotecnológicos</p> <p>CG5 - Evaluar los riesgos del uso de materiales químicos y organismos y aplicar los procedimientos de seguridad para minimizar el impacto sobre el medio ambiente</p> <p>CG9 - Poseer un alto nivel de compromiso y discernimiento ético para el ejercicio profesional y sus consecuencias</p> <p>CG10 - Valorar la importancia de la Biotecnología en el contexto industrial, económico, medio ambiental y social</p> <p>CG11 - Adquirir y aplicar conocimientos multidisciplinares avanzados para abordar un problema biotecnológico desde las perspectivas científico-técnica y empresarial</p> <p><b>COMPETENCIAS TRANSVERSALES</b></p> <p>CT1 - Elaborar y redactar informes de carácter científico</p> <p>CT2 - Demostrar razonamiento crítico y autocrítico</p> <p>CT3 - Demostrar capacidad de trabajo autónomo y en equipo y de adaptación a nuevas situaciones</p> <p>CT4 - Gestionar información científica de calidad, bibliografía, bases de datos especializadas y recursos accesibles a través de internet</p> <p>CT5 - Incorporar a sus conductas los principios éticos que rigen la investigación</p> |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | <p>científica y la práctica profesional</p> <p>CT6 - Adquirir conciencia de los riesgos y problemas medioambientales que conlleva su ejercicio profesional</p> <p>CT10 - Perseguir objetivos de calidad en el desarrollo de su actividad profesional</p> <p>CT11 - Adquirir capacidad para la toma de decisiones y de dirección de recursos humanos</p> <p>CT12 - Elaborar proyectos adecuadamente estructurados y enfocados a la actividad profesional</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Competencias específicas:</b> | <p><b>COMPETENCIAS ESPECÍFICAS</b></p> <p>CE1 - Analizar, planificar, desarrollar y controlar procesos biotecnológicos de producción industrial de capital interés incluidos biocombustibles, biomateriales y biomoléculas</p> <p>CE2 - Analizar, planificar y desarrollar procesos para la minimización del impacto medioambiental en producciones biotecnológicas</p> <p>CE3 - Identificar, manipular, transformar y conservar los organismos y materiales de origen biológico de aplicación en procesos biotecnológicos</p> <p>CE6 - Identificar, planificar, desarrollar y gestionar la viabilidad económica de un proceso de producción biotecnológico</p> <p>CE7 - Identificar la oportunidad de desarrollar procesos de protección de la propiedad intelectual e industrial.</p> <p>CE8 - Análisis e identificación de oportunidades de mercado.</p> <p>CE12 - Evaluar las relaciones entre el metabolismo microbiano y la biodegradación y bioconversión de contaminantes</p> <p>CE14 - Comprender y aplicar las normativas nacionales e internacionales vigentes de control ambiental</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Metodología</b>               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Descripción:</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Lecciones expositivas, conferencias,</b> en las que el profesor, expertos investigadores de centros de investigación o de empresas, aportarán conocimientos específicos y planteará cuestiones relacionadas para contribuir al mejor entendimiento y adquisición de conocimientos. El objetivo será procurar la participación e intervención activa de los alumnos mediante preguntas dirigidas que estimulen y faciliten el aprendizaje y fomentando el debate siempre que sea posible. Se hará uso del Campus Virtual para ofrecer el material de consulta o apoyo, las normativas y regulaciones que estime conveniente.</li> <li>- <b>Seminarios</b> en los que se plantearán y debatirán situaciones complejas. Esta actividad se realizará en grupos de trabajo partiendo de cuestiones planteadas por el profesor, cada estudiante tendrá su cometido dentro del grupo y se encargarán de buscar la bibliografía oportuna, debatir el problema, plantear soluciones posibles y los mecanismos para alcanzar los objetivos. Los seminarios que se realicen en laboratorios requerirán dividir la clase en pequeños grupos que deberán tomar datos experimentales para la resolución de las cuestiones planteadas por el profesor de cada grupo.</li> <li>- <b>Tutorías dirigidas.</b> En las que se proporcionará al alumno una atención personalizada en temas concretos. Utilización de tecnologías de información y comunicación haciendo uso permanente de las proporcionadas por la UCM, en particular el servicio de correo electrónico, la web del Máster y de manera especial e imprescindible el campus virtual UCM. En esta plataforma se encontrará el espacio virtual de la asignaturas debidamente ordenado y organizado, conteniendo todo lo relativo a cuestiones de desarrollo y organización de las asignaturas, TFM, materiales docentes y como medio de comunicación directo y permanente entre profesor y alumno.</li> <li>- <b>Trabajos dirigidos.</b> Se planteará un tema que los alumnos tendrán que abordar de forma individual o en grupo. Los alumnos tendrán que elaborar un informe en el que aborden el estado de la cuestión. Realizarán una exposición oral, apoyándose en medios audiovisuales, en la que tendrán que responder a las cuestiones planteadas por el profesor y el resto de los alumnos.</li> </ul> |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Visitas</b> a centros de investigación y empresas del ámbito de la Biotecnología con el fin de que el alumno conozca la realidad del sector y establezca contactos con el mismo.</li> <li>- <b>Trabajo autónomo.</b> Las actividades no presenciales mediante el trabajo autónomo están dirigidas para que el alumno afiance los conocimientos en las actividades presenciales y desarrolle su sentido crítico y capacidad de planificación, organización y toma de decisiones.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Evaluación</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Criterios aplicables:</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de pruebas escritas objetivas, presenciales o a través del Campus Virtual, mediante la utilización de las diferentes herramientas que pone a disposición de los docentes la UCM. (65%)</li> <li>- Asistencia y participación en las distintas actividades desarrolladas y discusión sobre los supuestos prácticos en el aula, informes correspondientes. Se valorará la implicación de los estudiantes, su capacidad crítica, las soluciones imaginativas planteadas a problemas complejos, la viabilidad de la solución etc. (10%)</li> <li>- Memoria, exposición y defensa de trabajos realizados en grupo o individual por el alumno. Se valorará la capacidad de síntesis, la capacidad de plantear la hipótesis y los resultados, así como la capacidad para analizar los resultados y la discusión. (25%)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Temario</b>               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Programa teórico:</b>     | <p><b><u>Módulo 1: La biorrefinería en el contexto actual</u></b></p> <p><b>Tema 1:</b> Origen, concepto, tipos y esquemas generales de proceso de las biorrefinerías. La biomasa como fuente de energía. Políticas y medidas de promoción de las biorrefinerías.</p> <p><b>Tema 2:</b> Aspectos socioeconómicos. La biorrefinería como extensión de la industria papelera. La biorrefinería en comparación con la refinería/petroquímica tradicional.</p> <p><b>Tema 3:</b> Materias primas de primera, segunda y tercera generación: definición, ventajas e inconvenientes, estructura física y química, producción y mercados.</p> <p><b><u>Módulo 2: Los biocombustibles</u></b></p> <p><b>Tema 4:</b> La ruta termoquímica: torrefacción, pirólisis, gasificación y combustión. Captura, almacenamiento y aprovechamiento de CO<sub>2</sub>.</p> <p><b>Tema 5:</b> Primeros procesos: pretratamientos / fraccionamiento termoquímico de la biomasa lignocelulósica.</p> <p><b>Tema 6:</b> Producción de bioetanol</p> <p><b>Tema 7:</b> Producción de biodiesel y combustibles de aviación sostenibles (bio-SAF)</p> <p><b>Tema 8:</b> Procesos biotecnológicos para la obtención de biocombustibles: bioetanol y biodiesel.</p> <p><b>Tema 9:</b> Procesos microbianos para la obtención de vectores energéticos: bioetanol, biobutanol, biogás y biohidrógeno.</p> <p><b>Tema 10:</b> Características de los biocombustibles frente a los combustibles tradicionales: normativa, características, producción y mercados. Legislación nacional y europea.</p> <p><b><u>Módulo 3: Los productos químicos y bioquímicos</u></b></p> <p><b>Tema 11:</b> Aprovechamiento de las fracciones C5 y C6 de la biomasa lignocelulósica.</p> <p><b>Tema 12:</b> Aprovechamiento de otros azúcares procedentes de residuos alimentarios.</p> <p><b>Tema 13:</b> Aprovechamiento de la fracción oleaginosa: subproductos y derivados.</p> <p><b>Tema 14:</b> Productos de alto valor añadido procedentes de la biomasa</p> <p><b><u>Módulo 4: Diseño de procesos y gestión medioambiental</u></b></p> <p><b>Tema 15:</b> Diseño de productos y procesos en biorrefinería. Optimización de procesos biorrefineros.</p> <p><b>Tema 16:</b> Procesos sostenibles: herramientas conceptuales, operativas y de gestión. Análisis de ciclo de vida: concepto y aplicación en biorrefinería.</p> |
| <b>Programa práctico:</b>    | <p>Desarrollo de material sintetizado de materia del programa teórico: elaboración de fichas con cuadros sinópticos y esquemas. Elaboración de resúmenes de visitas. Resolución de problemas abiertos.</p> <p>Visitas a laboratorios/plantas especializadas en procesos bioenergéticos/biorrefineros</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Seminarios:</b>   | <p>Conferencias que desarrollen aspectos clave particulares relativos a los distintos módulos del programa teórico.</p> <p>Seminarios prácticos en el laboratorio en grupos reducidos sobre alguno de los módulos del programa.</p> <p>Realización de trabajos en grupos reducidos sobre un proceso biorrefinero industrial o en desarrollo, realizando estudios del mismo en diversas etapas: búsqueda de información, definición de productos objetivo y características técnicas de los mismos, planteamiento de diagrama de bloques del proceso, planteamiento del diagrama de flujo y descripción de las operaciones a llevar a cabo.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Bibliografía:</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dahiya, A. (ed). Bioenergy: biomass to biofuels. Academic Press. 2015. Nueva York.</li> <li>2. Yang, S-T, El-Enshasy, H.A., Thongchul, N. Bioprocessing technologies in biorefinery for sustainable production of fuels, chemicals, and polymers. 2013. Wiley. New Jersey.</li> <li>3. Sengupta, D., Pike R. W. Chemicals from Biomass: Integrating Bioprocesses into Chemical Production Complexes for Sustainable Development. CRC Press, 2012. Nueva York.</li> <li>4. Kamm, B., Gruber, P. R., Kamm, M. (ed) Biorefineries-Industrial Processes and Products: Status-quo and Future Directions. Ed. Wiley-VCH Verlag GmbH. 2010.Weinheim.</li> <li>5. Jose, S. Bhaskar, T. (ed.). Biomass and Biofuels: Advanced Biorefineries for Sustainable Production and Distribution. CRC Press, 2015. Nueva York.</li> <li>6. Lee S., Shah, Y.T. Biofuels and Bioenergy: Processes and Technologies. CRC Press. 2012.Nueva York</li> <li>7. Zollmann, M.; Liberzon, A.; Golberg, A. Towards Sustainable Macroalgae Biorefineries: Advances in Predictive Modelling of a Green Seaweed Ulva Sp. Cultivation. Springer: Cham, 2025.</li> <li>8. Lewandowski, I. Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy; Springer Open: Cham, Switzerland, 2018.</li> <li>9. La energía en España 2020. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid, 2022.</li> </ol> |