



**Formato para registro de Unidades de aprendizaje**

**I.- Datos de identificación de la Unidad de aprendizaje**

Unidad académica:	Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD)					
Nombre del Programa académico:	DOCTORADO EN CIENCIAS EN ESTUDIOS AMBIENTALES Y DE LA SUSTENTABILIDAD					
	Grado Doctorado			Orientación Científica		
	Sesión de colegio donde se propuso:	XI REUNIÓN ORDINARIA DEL COLEGIO DE PROFESORES		Fecha de propuesta:	13/11/2024	
Nombre de unidad de aprendizaje:	TRANSFORMACIÓN DE BIOMASA Y SUSTENTABILIDAD					
	Clave de la unidad de aprendizaje:	24B9052		Créditos:	4	
	Semanas por semestre	18	Horas a la semana:	4	Horas totales:	72
Tipo de unidad de aprendizaje:	Obligatoria:	<input type="checkbox"/>	Optativa:	<input checked="" type="checkbox"/>	Observaciones:	
	Semestre:					
Área del conocimiento:	Interdisciplinario					





## Formato para registro de Unidades de aprendizaje

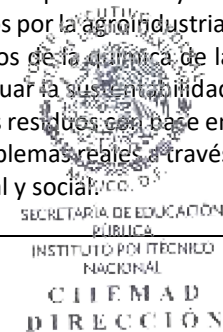
### II. Aprendizajes que, al finalizar, el estudiantado deberá demostrar

Conocimientos	Habilidades y destrezas	Actitudes y valores
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento de la composición, estructura química, reacciones y productos de la biomasa.</li> <li>• Conceptos básicos de sustentabilidad y descarbonización de la industria química.</li> <li>• Conocimientos básicos sobre la aplicación de técnicas termoanalíticas en la caracterización de biomasa lignocelulósica.</li> <li>• Generalidades sobre principios y metodologías para la valorización termoquímica de biomasa lignocelulósica.</li> <li>• Como evaluar un proyecto de transformación de biomasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensamiento crítico.</li> <li>• Capacidad para identificar y resolver problemas</li> <li>• Capacidad para tomar decisiones.</li> <li>• Capacidad de análisis, síntesis y evaluación de proyectos de biomasa.</li> <li>• Capacidad para integrar conceptos y metodologías para la solución de problemas prácticos.</li> <li>• Dominio y utilización de herramientas teórico-experimentales para la toma de decisiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidad.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Compromiso con el desarrollo sostenible.</li> <li>• Compromiso económico, social y ambiental.</li> <li>• Responsabilidad en el reciclaje, reutilización y revalorización de residuos y desechos.</li> </ul>

#### *Resolución que aborda la propuesta con su enfoque disciplinar*

Este rubro debe centrarse en los aspectos que resuelven o indagan la(s) disciplina(s) o tema(s) que se aborda(n), tome en cuenta que no se desea registrar aquí el estado del arte que guarda un conocimiento acumulado dentro de un área específica, sino la respuesta que se da con esta planeación didáctica ante una problemática definida.

La transición energética que experimenta actualmente la sociedad a nivel global requiere de tecnologías de generación de energía sustentables que contribuyan a la descarbonización. Adicionalmente, existe el reto de la gestión integral de los residuos particularmente de la biomasa lignocelulósica generados por la agroindustria. Ante este escenario se pone de manifiesto la necesidad de contar con capital humano capacitado con conocimientos sobre conceptos básicos de la química de la biomasa, el análisis mediante métodos de valorización termoquímica de diferentes biomasa lignocelulósicas y aplicar metodologías para evaluar la sustentabilidad en proyectos de transformación, contribuyendo de esta manera a lograr objetivos de descarbonización, así como el manejo responsable de los residuos con base en indicadores de sustentabilidad. Se espera que al final del curso los participantes tengan la capacidad de plantear alternativas de solución a problemas reales a través de la valorización de la biomasa, con una perspectiva integral y sistémica que plantee no solo un beneficio económico, sino también ambiental y social.



### III. Proximidad formativa

Áreas multi, inter y transdisciplinarias:

Líneas de Generación y Aplicación de Conocimiento:

Sectores sociales:



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje

Anote las disciplinas con las que se relacionan los temas de estudio de esta planeación. Tome en cuenta que su registro estará justificado si contempla información efectiva (y evidente) para el aprendizaje propuesto.

Se retoman del programa académico según corresponda.

Sectores sociales donde puedan promoverse los productos académicos que resultan del natural ejercicio formativo que se está planificando. Enuncie los sectores o grupos que considere viables.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química orgánica</li> <li>• Termodinámica</li> <li>• Cinética</li> <li>• Ingeniería química</li> <li>• Ingeniería de procesos</li> <li>• Sustentabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biociencias e ingenierías</li> <li>• Transformación de biomasa</li> <li>• Reciclaje, reutilización y revalorización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Académico</li> <li>• Gubernamental</li> <li>• Industrial</li> </ul>
--	---	--

*Estrategia de asociación:*

Integre sintéticamente las consideraciones para delimitar cómo interactúa el estudiante con los sectores de la sociedad (previamente considerados) en función de la mediación de conocimientos que se pretende abordar y los aspectos que resuelve o indaga.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector académico y de investigación: Participa en foros relacionados con los temas de esta unidad de aprendizaje mediante conferencias, divulgación de trabajos realizados y publicación de trabajos, asimismo, participa en debates sobre transformación de biomasa.</li> <li>• Sector gubernamental: Participa en foros contribuyendo con conocimientos globales sobre el origen, fuentes, transformación química y proyectos de biomasa con indicadores de sustentabilidad.</li> <li>• Sector industrial: Vinculándose y participando en proyectos, particularmente del sector forestal y agroindustrial, en propuestas de transformación de la biomasa residual lignocelulósica.</li> </ul>
--

#### IV. Contenido temático (incluya el tiempo requerido si lo considera apropiado)



<p><b>0. Presentación del curso. (2 horas)</b></p> <p><b>1. Química de la Biomasa (24 horas)</b></p> <p>1.1. Introducción a la Química de la Biomasa (4 horas)</p> <p>1.1.1. Concepto de biomasa</p>
--



## Formato para registro de Unidades de aprendizaje

- 1.1.2. Fuentes de biomasa
- 1.1.3. Biomasa lignocelulósica, origen, composición elemental y estructural
  
- 1.2. Celulosa (8 horas)
  - 1.2.1. Estructura química de la celulosa
  - 1.2.2. Reactividad de la celulosa y principales reacciones de transformación
  - 1.2.3. Productos de interés comercial provenientes de celulosa
  
- 1.3. Hemicelulosa (6 horas)
  - 1.3.1. Estructura química de la hemicelulosa
  - 1.3.2. Reactividad de la hemicelulosa y principales reacciones de transformación
  - 1.3.3. Productos de interés comercial provenientes de hemicelulosa
  
- 1.4. Lignina (6 horas)
  - 1.4.1. Estructura química de la lignina
  - 1.4.2. Reactividad de la lignina y principales reacciones de transformación
  - 1.4.3. Productos de interés comercial provenientes de lignina
  
- 2. Transformación termoquímica de biomasa (22 horas)**
  - 2.1. Métodos térmicos (4 horas)
    - 2.1.1. Introducción a las técnicas de caracterización termoanalíticas
    - 2.1.2. Definición y bases teóricas
    - 2.1.3. Nuevos enfoques, fundamentos y ventajas
    - 2.1.4. Aplicaciones y ejemplos prácticos
  
  - 2.2. Transformación termoquímica de biomasa lignocelulósica (4 horas)
    - 2.2.1. Torrefacción
    - 2.2.2. Combustión
    - 2.2.3. Pirólisis (lenta, rápida y flash)
    - 2.2.4. Gasificación
    - 2.2.5. Carbonización hidrotermal (HTC)
    - 2.2.6. Ejemplos prácticos
  
  - 2.3. Cinética de la descomposición térmica de biomasa (8 horas)
    - 2.3.1. Procesos isotérmica y no isotérmica
    - 2.3.2. Significado e interpretación de parámetros cinéticos



## Formato para registro de Unidades de aprendizaje

- 2.3.3. Estimación de parámetros termodinámicos de activación térmica
- 2.3.4. Métodos de cinética libre (isoconversionales o no)
- 2.3.5. Relación entre estructura jerárquica y modelo de reacción
- 2.3.6. Variabilidad de la energía de activación, significado e interpretación
- 2.3.7. Toma de decisiones a partir de la relación entre conversión, selectividad y temperatura
- 2.3.8. Casos de estudios

2.4. Herramientas teórico-experimental sobre procesamiento y análisis de datos (6 horas).

- 2.4.1. Enfoque experimental y obtención de datos
- 2.4.2. Adecuación y procesamiento de datos experimentales
- 2.4.3. Habilidades computacionales para el procesamiento y análisis de resultados

### **3. Evaluación de la sustentabilidad de proyectos de conversión de biomasa. (24 horas)**

3.1. Introducción a proyectos de conversión de biomasa (2 horas)

- 3.1.1. Conceptualización del proceso
- 3.1.2. Modelado y diseño de un proceso
- 3.1.3. Estructuración de un proyecto

3.2. Introducción a la sustentabilidad (2 horas)

- 3.2.1. Pilares de la sustentabilidad
- 3.2.2. Indicadores de sustentabilidad
- 3.2.3. Descarbonización

3.3. Evaluación tecno-económica (6 horas)

- 3.3.1. Estimación de costos de capital o de inversión
- 3.3.2. Estimación de costos de operación
- 3.3.3. Análisis de costos y viabilidad

3.4. Evaluación ambiental mediante Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (6 horas)

- 3.4.1. Introducción al ACV
- 3.4.2. Metodología del ACV usando software OpenLCA
- 3.4.3. Aplicaciones del ACV

3.5. Evaluación socioeconómica (2 horas)

- 3.4.4. Indicadores socioeconómicos
- 3.6. Proyecto de caso de estudio (6 horas)

Habilitadores tecnológicos





## Formato para registro de Unidades de aprendizaje

-Pizarrón o pizarra electrónica  
-Equipo para videoconferencia (clases en línea)  
-Software de acceso abierto (DWSIM, OpenLCA, CCalC)

### V. Referencias

#### Documentales / electrónicas

##### Unidad 1

1. John McMurry, Organic Chemistry: A Tenth Edition. (2023). OpenStax, Rice University. <https://openstax.org/details/books/organic-chemistry>.
2. Nhuan Phu Nghiem, Tae Hyun Kim, Chang Geun Yoo. (2022). Biomass Utilization: Conversion Strategies, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-05835-6>.
3. Momčilo Miljković, (2018) Carbohydrates: Synthesis, Mechanisms, and Stereoelectronic Effects, Springer, 2018, DOI 10.1007/978-0-387-92265-2.
4. Michel Brienzo, (2022) Hemicellulose Biorefinery: A Sustainable Solution for Value Addition to Bio-Based Products and Bioenergy, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-3682-0>.
5. Jun Rao, Ziwen Lv, Gegu Chen, Feng Pen. (2023). Hemicellulose: Structure, chemical modification, and application, Progress in Polymer Science, 140, 101675. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2023.101675>.
6. Yanan Gao, Mingkun Guo, Dandan Wang, Daqing Zhao, Mingxing Wang. (2023). Advances in extraction, purification, structural characteristics and biological activities of hemicelluloses: A review. International Journal of Biological Macromolecules 225, 467–483. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.099>.
7. Luis Serrano, Rafael Luque, Bert F. Sels. (2020). Topics in Current Chemistry Collections, Lignin Chemistry, Springer Nature Switzerland AG.
8. S. Van den Bosch, S. F. Koelewijn, T. Renders, G. Van den Bossche, T. Vangeel, W. Schutyser, B. F. Sels. (2018). Catalytic Strategies Towards Lignin-Derived Chemicals. Topics in Current Chemistry 376, 36. <https://doi.org/10.1007/s41061-018-0214-3>.

##### Unidad 2

9. Sergey Vyazovkin. (2018). Modern isoconversional kinetics: From Misconceptions to Advances. In the Handbook of Thermal Analysis & Calorimetry, Vol. 6: Recent Advances, Techniques and Applications, 2nd ed.; Vyazovkin, S., Kog, N., Schick, C., (Eds.); Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. ISBN: 978-0-444-64063-5.
10. Sergey Vyazovkin, Alan K. Burnham, José M. Criado, Luis A. Perez-Maqueda, Crisan Popescu, Nicolas Sbirrazzuoli. (2011). ICTAC kinetics committee recommendations for performing kinetic computations on thermal analysis data, Thermochim Acta. 520, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2011.03.034>.
11. Sergey Vyazovkin, Konstantinos Chrissafis, Maria Laura Di Lorenzo, Nobuyoshi Koga, Michéle Pijolat, Bertrand Roduit, Nicolas Sbirrazzuoli, Joan Josep Suñol. (2014) ICTAC Kinetics Committee recommendations for collecting experimental thermal analysis data for kinetic computations, Thermochim Acta 520, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2014.05.036>.
12. Enelio Torres-García, Luis F. Ramírez-Verduzco, Jorge Aburto. (2020). Pyrolytic degradation of peanut shell: Activation energy dependence on the conversion. Waste Manag. 106, 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.021>.





### Formato para registro de Unidades de aprendizaje

13. Nobuyoshi Koga, Sergey Vyazovkin, Alan K. Burnham, Loic. Favregeon, Nikita V. Muravyev, Luis A. Pérez-Maqueda, Chiara Saggese, Pedro E. Sánchez-Jiménez. (2023). ICTAC Kinetics Committee recommendations for analysis of thermal decomposition kinetics. *Thermochim Acta.* 719, 179384. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2022.179384>.
14. Erick Ramírez, Sergio Hernández-López, Enelio Torres-García, Karla Reyes-Morales, Jorge Balmaseda. (2022). pICNIK: A python package with isoconversional computations for non-isothermal kinetics. *Comput Phys Commun.* 278,108416. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2022.108416>.
15. Myriam A. Amezcua Allieri, Jorge Aburto, Enelio Torres-García. (2022). Phenomenological thermokinetic analysis of coffee husk pyrolysis: a study case. *J Therm Anal Calorim.* 147, 12187–12199. <https://doi.org/10.1007/s10973-022-11392-7>.
16. Enelio Torres-García, Paola Brachi. (2022). Non-isothermal pyrolysis of grape marc. *J Therm Anal Calorim.* 139, 1463-78. <https://doi.org/10.1007/s10973-019-08530-z>.

#### Unidad 3

17. Jhuma Sadhukhan, Kok Siew Ng, Elias Martinez Hernandez (2014). *Biorefineries and chemical processes. Design, integration and sustainability analysis.* 1st Ed. Wiley
18. Kok Siew Ng, Elias Martinez Hernandez. Aki Yamaguchi (2024). *A New Systems Thinking Approach to Sustainable Resource Management.* 1st Ed. Elsevier
19. Robin Smith. *Chemical Process Design and Integration* (2016). 2nd Ed. Wiley
20. Mahmoud M. El-Halwagi (2011). *Sustainable Design Through Process Integration: Fundamentals and Applications to Industrial Pollution Prevention, Resource Conservation, and Profitability Enhancement.* 1st Ed. BH Elsevier.
21. Adisa Azapagic, Slobodan Perdan (2011). *Sustainable Development in Practice: Case Studies for Engineers and Scientists,* 2nd Ed. Wiley.

#### VI. Evaluación

- 20% Tareas (Tareas por cada unidad)
- 40% Examen (Un examen por cada unidad)
- 40% Proyecto (Presentación de proyecto o trabajo de revisión por cada unidad)

Nota: La calificación final será el promedio de la suma de las calificaciones de las tres unidades.

#### VII. Créditos y responsabilidades

Responsabilidad	Nombre completo	Clave de nombramiento
Coordinador (Autor)	Dr. Victor Florencio Santes Hernández	(15976-EF-22/6)
Participante (Coautor)	Dr. Enelio Torres García	(16490-ED-22) Profesor Visitante
Participante (Coautor)	Dr. Elías Martínez Hernández	(16518-EA-22) Profesor Visitante

