

Guía docente de la asignatura

## Biotransformación de Residuos Vegetales: Aplicaciones

Fecha última actualización: 07/07/2021  
Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 16/07/2021

**Máster**

Máster Universitario en Biotecnología

**MÓDULO**

Modulo I: Docencia

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

3

**Tipo**

Optativa

**Tipo de enseñanza**

Presencial

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Los propios del Máster

### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

1. Materiales lignocelulósicos (MCLs): naturaleza y composición
2. Estructura de la celulosa
3. Estructura de la hemicelulosa
4. Estructura de la lignina
5. Complejos carbohidrato-lignina
6. Otros materiales
7. Biodegradación de la celulosa

- 7.1. Degradación aerobia
- 7.2. Degradación anaerobia
- 7.3. Sistemas celulasa: Endoglucanasas, Celobiohidrolasas y  $\beta$ -glucosidasas. Mecanismos de acción y clasificación
- 7.4. Celulosoma de Clostridium thermocellum

#### 8. Biodegradación de las hemicelulosas

- 8.1. Xilanasas. Tipos y mecanismos de acción
- 8.2. Otros enzimas implicado



## 9. Biodegradación de la lignina

- 9.1. Hongos de la podredumbre blanca de la madera
- 9.2. Sistema ligninolítico
  - 9.2.1. Manganese peroxidasas
  - 9.2.2. Lignina peroxidasas
  - 9.2.3. Versatil peroxidasa
  - 9.2.4. Lacasas
  - 9.2.5. Otros enzimas

## 10. Aprovechamientos actuales de los MLCs

### 11. Aprovechamiento de residuos de industria alimentaria

### 12. Métodos biológicos

- 12.1. Transformación a etanol y otros biocombustibles
- 12.2. Transformación de MLCs en compost
- 12.3. Fermentación en estado sólido (SSF)
- 12.4. Industria de la pasta y del papel
- 12.5. Tratamientos biológicos de residuos industriales
- 12.6. Otros usos de los enzimas ligninolíticos

## COMPETENCIAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Identificar, diseñar, implementar e interpretar métodos Biotecnológicos;
- CE03 - Manejar las tecnologías de la información para la adquisición, procesamiento y difusión de resultados en investigación;
- CE04 - Emitir juicios en función de criterios y razonamiento crítico y aprender a reconocer los parámetros de calidad en investigación;
- CE07 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas, proyectos de trabajo o artículos científicos en el área de la Biotecnología.



- CE09 - Reconocer y adaptarse a la diversidad y multiculturalidad.
- CE19 - Profundizar en el conocimiento de los mecanismos de la degradación por diferentes tipos de microorganismos de los principales componentes de los residuos vegetales.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

1. El alumno sabrá/comprenderá:
  - La gran importancia de la biomasa lignocelulósica como el principal reservorio de carbono.
  - La composición química y estructura de la celulosa, hemicelulosa y lignina.
  - Las características químicas de estos polímeros, que condicionan los diferentes tipos de degradación por bacterias y hongos.
  - Los mecanismos de acción de los principales enzimas hidrolíticos que intervienen en la degradación de la celulosa y de las hemicelulosas.
  - Los mecanismos de acción de los principales enzimas oxidativos implicados en la degradación de la lignina.
  - Los actuales aprovechamientos de los materiales lignocelulósicos, tanto de los polisacáridos como de la lignina.
  - La importancia de los materiales lignocelulósicos en las tecnologías limpias.
  - Los métodos biotecnológicos más significativos para el aprovechamiento y/o biotransformación de los materiales lignocelulósicos.
  - Las principales aplicaciones de los enzimas lignocelulolíticos en diferentes industria
2. El alumno será capaz de:
  - Conocer la estructura y composición de los polímeros principales que forman parte de los materiales lignocelulósicos: la celulosa, las hemicelulosas y la lignina.
  - Saber la distribución y disposición de estos tres componentes en diferentes materiales lignocelulósicos
  - Comprender que los polímeros polisacarídicos (celulosa y hemicelulosas), debido a su composición, necesitan sistemas complejos de enzimas hidrolíticos.
  - Comprender que, debido a la naturaleza polifenólica de la lignina, su degradación requiere un complejo sistema lignocelulolítico oxidativo e inespecífico.
  - Saber y comprender las ventajas e inconvenientes de los principales métodos actuales de aprovechamiento de los materiales lignocelulósicos
  - Saber y comprender los diferentes métodos biotecnológicos que utilizan los materiales lignocelulósicos para la obtención de biocombustibles, enzimas y otros productos útiles.
  - Saber los principales usos de los microorganismos y enzimas lignocelulolíticos.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

1. Materiales lignocelulósicos: distribución, naturaleza y composición
2. Estructura de la celulosa
3. Estructura de la hemicelulosa
4. Estructura de la lignina
5. Complejos carbohidrato-lignina



## 6. Otros materiales

### 7. Biodegradación de la celulosa

- Degradación aerobia
- Degradación anerobia
- Sistemas celulosa: Endoglucanasas, Celobiohidrolasas y Beta-glucosidasas. Mecanismos de acción y clasificación
- Oxidasas líticas
- Expansinas
- Celulosoma de Clostridium thermocellum

### 8. Biodegradación de las hemicelulosas

- Xilanasas. Tipos y mecanismos de acción
- Otros enzimas implicados

### 9. Biodegradación de la lignina

- Hongos de la podredumbre blanca de la madera
- Sistema ligninolítico
  - Manganese peroxidasas
  - Lignina peroxidasas
  - Versatil peroxidasa
  - Evolución de las peroxidasas ligninolíticas
  - Lacasas
  - Peroxidasas que decoloran colorantes
  - Peroxidasas inespecíficas UPO
  - Otros enzimas

### 10. Aprovechamientos actuales de los materiales lignocelulósicos. Tecnologías limpias.

- Aplicación directa
- Aplicación indirecta
  - Tratamientos termoquímicos (aprovechamiento global)
  - Tratamientos químico-hidrolíticos (aprovechamiento fraccionado)
  - Métodos de deslignificación
  - Métodos de hidrólisis de polisacáridos (con ácidos, enzimas y mixtos).
  - Procesos hidrotérmicos.
  - Métodos biotecnológicos:
    - Aprovechamiento energético (Obtención de biogás y obtención de bioetanol)
    - Obtención de metabolitos microbianos: enzimas ligninolíticos
    - Compost

### 11. Aplicaciones de los enzimas ligninolíticos.

- Industria del papel y de la pasta
- Industria textil
- Industria alimentaria
- Producción de biocombustibles
- Procesos de biorremediación



## PRÁCTICO

## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Beckham GT, Johnson CW, Karp EM, Salvachúa D, Vardon DR. Opportunities and challenges in biological lignin valorization. *Curr Opin Biotechnol.* 2016; 42: 40-53.
- Gonzalo, G, Colpa, DI, Habib, MHM, Fraaije MW. Bacterial enzymes involved in lignin degradation. *J Biotechnol.* 2016; 236: 110-119.
- Guo. H, Wang. X-D, , Lee, D-J. 2018. Proteomic researches for lignocellulose-degrading enzymes: a mini-review. 2018; *Bioresour. Technol.* 265: 532-541.
- Gupta, VK, Kubicek, CP, Berrin, JG, Wilson, DW, Couturier, M, Berlin, A, Filho, EXF, Ezeji, T. Fungal enzymes for bio-products from sustainable and waste biomass. *Trends Biochem Sci.* 2016; 41: 633-645
- Janusz, G, Pawlik, A, Sulej, J, Swiderska-Burek, U, Anna Jarosz-Wilkolazka, A, Paszczynski, A. Lignin degradation: microorganisms, enzymes involved, genomes analysis and evolution. *FEMS Microbiol. Rev.* 2017; 41: 941-962.
- Liao JC, Mi L, Pontrelli S, Luo S. Fuelling the future: microbial engineering for the production of sustainable biofuels. *Nat Rev Microbiol.* 2016; 14: 288-304.
- Lopes, AM, Ferreira Filho, EX, Moreira, LRS. An update on enzymatic cocktails for lignocellulose breakdown. *J. Appl. Bacteriol.* 2018; 125: 632-645.
- Martínez AT, Speranza M, Ruiz-Dueñas FJ, Ferreira P, Camarero S, Guillén F, Martínez MJ, Gutiérrez A, del Río JC. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *Int Microbiol.* 2005; 8: 195-204.
- Masran, R, Zanirun, Z, Bahrin EK, Ibrahim MF, Yee, PL, Abd-Aziz, S. Harnessing the potential of ligninolytic enzymes for lignocellulosic biomass pretreatment. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2016; 100: 5231-5246
- Mate, D, Alcaide, M. Laccase: a multi-purpose biocatalyst at the forefront of biotechnology. *Microb. Biotechnol.*, 2016; 10: 1457-1467.
- Palazzolo MA, Kurina-Sanz M. Microbial utilization of lignin: available biotechnologies for its degradation and valorization. *World J Microbiol Biotechnol.* 2016; 32: 173.
- Percival Zhang YH. Reviving the carbohydrate economy via multiproduct lignocellulose biorefineries. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 2008; 35: 367-375.
- Pérez J, Moraleda-Muñoz. Fungal Lignocellulolytic Enzymes: Applications in Biodegradation and Bioconversion. En: *Mycofactories*, Betham Science Publishers Ltd (Ed). 2011; vol I: 28-44. ISBN: 978-1-60805-223-3.
- Pérez J, Muñoz-Dorado J, de la Rubia T, Martínez J. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int Microbiol.* 2002; 5: 53-63.
- Pollegioni, L, Tonin, F, Elena Rosini, E. Lignin-degrading enzymes. *FEBS J.* 2015; 282: 1190-1213.
- Ragauskas AJ, Williams CK, Davison BH, Britovsek G, Cairney J, Eckert CA, Frederick WJ Jr, Hallett JP, Leak DJ, Liotta CL, Mielenz JR, Murphy R, Templar R, Tschaplinski T. The path forward for biofuels and biomaterials. *Science.* 2006; 311: 484-489.
- Van Dyk JS, Pletschke BI. A review of lignocellulose bioconversion using enzymatic hydrolysis and synergistic cooperation between enzymes-Factors affecting enzymes, conversion and synergy. *Biotechnol Adv.* 2012; 30:1458-1480.
- Wan, C, Li Y. Fungal pretreatment of lignocellulosic biomass. *Biotechnol Adv.* 2012; 30: 1447-1457



- Weng JK, Li X, Bonawitz ND, Chapple C. Emerging strategies of lignin engineering and degradation for cellulosic biofuel production. *Curr Opin Biotechnol.* 2008; 19: 166-172.
- Yuan, JS, Kelly H. Tiller KH, Al-Ahmad H., Nathan R. Stewart NR, Stewart CN. Plants to power: bioenergy to fuel the future. *Trends Plant Sci.* 2008; 13:421-429.
- Zhang YH. Reviving the carbohydrate economy via multi-product lignocellulose biorefineries. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 2008; 35:367-375.
- Reddy N, Yang Y. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *Trends Biotechnol.* 2005; 23: 22-27.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Abdelaziz, OM, Brink, DP, Prothmann, J, Ravi, K, Sun, M, García-Hidalgo, J, Sandahl, M, Hultberg, CP, Turner, C, Gunnar Lidén, G, Gorwa-Grauslund MF. Biological valorization of low molecular weight lignin. *Biotechnol Adv.* 2016; 34: 1318-1346.
- Cosgrove DJ. Microbial Expansins. *Ann Rev Microbiol.* 2017; 71:479-497.
- Hammel KE, Cullen D. Role of fungal peroxidases in biological ligninolysis. *Curr Opin Plant Biol.* 2008; 11: 349-355.
- Himmel ME, Ding SY, Johnson DK, et al. Biomass recalcitrance: engineering plants and enzymes for biofuels production. *Science.* 2007; 15: 804-807.
- Hemsworth, GR, Johnston, EM, Gideon J. Davies, GJ, Walton, PH. Lytic polysaccharide monooxygenases in biomass conversion. *Trends Biotechnol.* 2015; 33: 747-761.
- Kersten P, Cullen D. Extracellular oxidative systems of the lignin-degrading Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Fungal Genet Biol.* 2007; 44: 77-87.
- Martínez AT. Molecular biology and structure-function of lignin-degrading heme peroxidases. *Enzyme Microb Technol.* 2002; 30: 425-444.
- Mikolasch A, Schauer F. Fungal laccases as tools for the synthesis of new hybrid molecules and biomaterials. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2009; 82: 605-624
- Sánchez C. Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnol Adv.* 2009; 27:185-194.
- Virk AP, Sharma P, Capalash N. Use of laccase in pulp and paper industry. *Biotechnol Prog.* 2012; 28: 21-32.
- Wong DWS. Structure and action mechanism of ligninolytic enzymes. *Appl Biochem Biotechnol.* 2009; 157:174-209.
- Xin F, Dong W, Zhang W, Ma J, Jiang M. Biobutanol production from crystalline cellulose through consolidated bioprocessing. *Trends Biotechnol.* 2019; 37: 167-180.

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Clases magistrales
- MD03 Colección, estudio y análisis bibliográfico
- MD04 Ensayo científico

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

- **Asistencia a las clases y participación en las discusiones y actividades propuestas (50%).** Se evaluarán las competencias CB7, CB8, CB10, CE4, CE37.



- **Evaluación de los conocimientos obtenidos a través de la elaboración de una memoria (40%).** Se valorará la comprensión de los diferentes temas tratados y la capacidad de relacionarlos con las diferentes aplicaciones y problemáticas actuales. Se evaluarán las competencias CB7, CE2, CE4, CE6, CE7.
- **Realización de un trabajo complementario (10%).** Se preparará un resumen crítico de un artículo científico propuesto por el/la profesor(a) o de elegido por el alumno con supervisión del profesor (de forma presencial o a través de correo electrónico). Se evaluarán las competencias CB8, CB9, CE3, CE4, CE7, CE8, CE9

#### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

- **Evaluación de los conocimientos obtenidos a través de la elaboración de una memoria (80%).** Se valorará la comprensión de los diferentes temas tratados y la capacidad de relacionarlos con las diferentes aplicaciones y problemáticas actuales. Se evaluarán las competencias CB7, CE2, CE4, CE6, CE7.
- **Realización de un trabajo complementario (20%).** Se preparará un resumen crítico de un artículo científico propuesto por el/la profesor(a) o elegido por el alumno con supervisión del profesor (de forma presencial o a través de correo electrónico). Se evaluarán las competencias CB8, CB9, CE3, CE4, CE7, CE8, CE9.

#### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

- **Evaluación de los conocimientos obtenidos a través de la elaboración de una memoria (80%).** Se valorará la comprensión de los diferentes temas tratados y la capacidad de relacionarlos con las diferentes aplicaciones y problemáticas actuales. Se evaluarán las competencias CB7, CE2, CE4, CE6, CE7.
- **Realización de un trabajo complementario (20%).** Se preparará un resumen crítico de un artículo científico propuesto por el/la profesor(a) o de elegido por el alumno con supervisión del profesor. Se evaluarán las competencias CB8, CB9, CE3, CE4, CE7, CE8, CE9.

