



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

#### I. DATOS GENERALES

|                          |   |
|--------------------------|---|
| UNIDAD ACADÉMICA         | División de Ciencias Forestales                                   |
| PROGRAMA EDUCATIVO       | Ingeniero Forestal Industrial                                     |
| NIVEL EDUCATIVO          | LICENCIATURA  |
| ASIGNATURA               | QUÍMICA DE LA MADERA  |
| CARÁCTER                 | OBLIGATORIO   |
| TIPO                     | TEÓRICO Y PRÁCTICO  |
| PRERREQUISITOS           | ANATOMÍA DE LA MADERA<br>FISIOLOGÍA FORESTAL<br>ECOLOGÍA FORESTAL |
| C. ESCOLAR/AÑO/SEMESTRE  | 1er. Semestre de 5º año   |
| HORAS TEORÍA/SEMANA      | 3   |
| HORAS PRÁCTICA/SEMANA    | 1   |
| H. ESTUDIO INDEPENDIENTE |   |
| VIAJE DE ESTUDIO (8h/d)  |   |
| HORAS TOTALES DEL CURSO  | 64  |
| Nº DE CRÉDITOS           |   |
| PROFESOR                 |   |
| CLAVE                    | 1022  |

#### II. INTRODUCCIÓN

El curso Química de la Madera está dirigido a los estudiantes del segundo año de la carrera de Ingeniero Forestal Industrial. El curso brinda formación básica en el ámbito de tecnología de la madera. El curso requiere de conocimiento previo de algunos temas básicos en los ámbitos de la fisiología vegetal y de la anatomía de la madera.

A nivel horizontal, la materia se relaciona con: MECÁNICA ANALÍTICA y ADMINISTRACIÓN

A nivel vertical se relaciona con: FÍSICA DE LA MADERA y ERGONOMÍA

El curso es: Teórico-Práctico. De tipo: Metodológico

La formación general es de tipo: Diferenciales

El trabajo práctico se realiza en el Laboratorio de Anatomía de la Madera y Productos Forestales de la DICIFO. El curso también incluye una visita a un laboratorio de alguna institución de educación superior para abordar los temas de química relacionados con la producción de celulosa y papel.

#### III. PRESENTACIÓN

La madera se considera como un material biocompuesto debido a que esta integrada por diferentes compuestos químicos que forman el tejido leñoso, que se distribuyen en forma heterogénea en los diferentes elementos celulares que forman la madera. Existen otros compuestos, denominados comúnmente extractivos, que no son parte de la estructura de la madera, pero que también influyen en la coloración y en la resistencia a la biodegradación de la madera. Los extractivos también influyen en las propiedades físicas de la madera y en algunos procesos de su transformación, principalmente en las operaciones de pegado y acabado de la madera.

#### IV. OBJETIVO

Proporcionar a los estudiantes de los elementos sobre la estructura de la madera desde el punto de vista químico, así como las propiedades y funciones químicas de los polímeros que componen la madera y su relación con otras propiedades físicas y mecánicas.

## V. CONTENIDO

### UNIDAD 1. Introducción (3 horas)

*Objetivo:* Identificar las características de la madera relevantes con su uso como sustrato químico, para la producción de diversas sustancias y materiales a partir del material maderable, así como la relevancia de algunos de sus componentes durante la transformación de la madera.

- 1.1. Principios químicos para el estudio de química de la madera
- 1.2. Introducción a los polímeros
- 1.3. Productos químicos forestales

### UNIDAD 2. Estructura y composición química de la madera (6 horas)

*Objetivo:* Establecer la relación que existe entre la estructura de la madera, su arreglo ultraestructural, y su composición química.

- 2.1. Composición química y organización de la pared celular
- 2.2. Distribución de los componentes químicos de la pared celular
- 2.3. Métodos de análisis químicos de los componentes de la pared celular

### UNIDAD 3. Constitución, configuración y reacción de los principales carbohidratos que componen la madera (6 horas)

*Objetivo:* Mostrar los principales carbohidratos que componen la madera, así como las principales reacciones de los carbohidratos en solución.

- 3.1. Monosacáridos
- 3.2. Oligosacáridos
- 3.3. Polisacáridos

### UNIDAD 4. Componentes químicos de la madera (15 horas)

*Objetivo:* Presentar la composición química de los tres polímeros que conforman la pared celular de la madera, así como la de las sustancias no estructurales de bajo peso molecular (extractivos).

- 4.1. Celulosa
  - 4.1.1. Biosíntesis
  - 4.1.2. Estructura y clasificación
  - 4.1.3. Aislamiento de la celulosa
  - 4.1.4. Propiedades físicas y químicas
  - 4.1.5. Principales reacciones de la celulosa
  - 4.1.6. Derivados de la celulosa
- 4.2. Hemicelulosas
  - 4.2.1. Biosíntesis
  - 4.2.2. Estructura
  - 4.2.3. Aislamiento de las hemicelulosas
  - 4.2.4. Propiedades físicas y químicas
- 4.3. Lignina
  - 4.3.1. Biosíntesis
  - 4.3.2. Estructura
  - 4.3.3. Aislamiento de la lignina
  - 4.3.4. Polimerización de la lignina
  - 4.3.5. Reacciones de la lignina
  - 4.3.6. Propiedades físicas y químicas
- 4.4. Extractivos
  - 4.4.1. Extractivos de especies de coníferas
  - 4.4.2. Extractivos de especies de latifoliadas
  - 4.4.3. Extractivos de hojas, brotes y frutos

#### 4.4.4. Utilización de los extractivos.

UNIDAD 5. Propiedades físicas y mecánicas de la madera en relación con su estructura química (6 horas)

*Objetivo:* Establecer la relación que guarda la composición química de la madera con algunas de las propiedades físicas de la madera.

- 5.1. Densidad y densidad relativa (gravedad específica)
- 5.2. La sorción y los cambios de forma y tamaño

UNIDAD 6. Deterioro químico y bioquímico de la madera (6 horas)

*Objetivo:* Mostrar la relación que existe entre la composición química de la madera, y la susceptibilidad del material a sufrir daño por microorganismos y el medio ambiente.

- 6.1. Degradación microbiológica de la madera
- 6.2. Deterioro químico por procesos naturales e industriales

UNIDAD 7. Bioenergéticos (6 horas)

*Objetivo:* Presentar las principales características de los materiales lignocelulósicos para su utilización como combustible, así como los principales procesos para la producción de bioenergéticos

- 7.1. Bioenergéticos derivados de los materiales lignocelulósicos
  - 7.1.1. Sólidos
  - 7.1.2. Líquidos
  - 7.1.3. Gaseosos
- 7.2. Pretratamientos para el aprovechamiento intensivo de los materiales lignocelulósicos

## VI. ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Práctica 1. Preparación de la madera para análisis (muestreo y molienda), y determinación del contenido de extractivos totales de la albura de *Pinus hartwegii*. *Objetivo:* ilustrar el procedimiento para llevar a cabo la preparación del material para su caracterización química.

Práctica 2. Determinación del contenido de ceniza y de la solubilidad de la albura de *Pinus hartwegii* en agua fría, en agua caliente, y en etanol-tolueno. *Objetivo:* mostrar el procedimiento para determinar gravimétricamente el contenido de extractivos de la madera en disolventes polares y no polares, así como el procedimiento para cuantificar el contenido de ceniza en un material vegetal.

Práctica 3. Contenido de holocelulosa de la madera de albura de *Pinus hartwegii* por el método del clorito de sodio. *Objetivo:* demostrar el proceso de deslignificación de la madera mediante la solubilidad en clorito de sodio acidificado.

Práctica 4. Determinación del contenido de  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosas de una muestra de holocelulosa de *Pinus hartwegii*. *Objetivo:* demostrar el proceso de disolución de las hemicelulosas en un medio alcalino.

Práctica 5. Contenido de lignina Klason en una muestra de albura de *Pinus hartwegii*. *Objetivo:* demostrar la solubilidad de los carbohidratos en ácidos minerales concentrados.

Práctica 6. Derivación de monosacáridos en el hidrolizado de la lignina Klason de una muestra de *Pinus hartwegii*, y cuantificación de los monosacáridos por cromatografía de gases. *Objetivo:* demostrar el proceso de derivación de monosacáridos e introducir el concepto de la cromatografía de gases.

Práctica 7. Cuantificación de lignina soluble en ácido de la madera de *Pinus hartwegii* mediante espectroscopía UV-Vis. *Objetivo:* introducir al estudiante a la espectroscopía, y demostrar la Ley de Beer-Lambert.

Práctica 8. Cuantificación del contenido de aceite esencial en la madera *Pinus* sp. *Objetivo:* mostrar el uso del equipo de destilación Clevenger, así como reforzar el concepto de extractivos en la madera.

Práctica 9. Determinación del poder calorífico del carbón vegetal de la madera de mezquite, así como su contenido de humedad, los volátiles y el contenido de ceniza. *Objetivo:* ejemplificar el procedimiento de caracterización comercial del carbón vegetal.

Práctica 10. Análisis de los ácidos grasos del aceite de la semilla de *Pinus cembroides* por cromatografía de gases. *Objetivo:* demostrar el proceso de producción de biodiesel, así como el uso de la cromatografía de gases para caracterizar los biocombustibles líquidos.

## VII. MÉTODO DIDÁCTICO

En el curso se aborda el estudio de los componentes principales que constituyen la pared celular, la forma en cómo se arreglan, su origen, sus propiedades y la influencia que tienen en otras propiedades de la madera. Los grupos de compuestos secundarios también se examinan. Los productos que se obtienen de estos compuestos son diversos, por lo cual se hace énfasis en los más importantes. El aislamiento y obtención de los diferentes compuestos se basan en diferentes métodos químicos analíticos, por lo cual se da importancia los que se encuentran estandarizados. Los diferentes compuestos químicos también son susceptibles al ataque de microorganismos, por lo que se incluye conocer los mecanismos de ataque y degradación que sufre la madera desde el punto de vista químico. Finalmente, se hace referencia a la importancia actual de los materiales lignocelulósicos para la producción de bioenergéticos.

Para la comprensión de los diferentes compuestos químicos se utilizarán representaciones gráficas y modelos de bola y palito. También se realiza la determinación cuantitativa de cada uno de los polímeros de la pared celular, y de los extractivos.

## VIII. EVALUACIÓN

Se realizarán dos exámenes parciales, con valor de 25% de la calificación final cada uno. El primer examen contempla los temas: 1, 2, 3 y 4.1. El segundo examen, contempla los temas: 4.2. al 7.2. Se llevarán a cabo diez prácticas, con reporte de laboratorio, que corresponden al 50% de la calificación del curso (5% cada reporte).

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- ALBERSHEIM, P. 1975. The walls of growing plant cells. *Scientific American* 232(4): 81-95.
- ANÓNIMO. 1999. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. Madison: Forest Products Laboratory (solo capítulos 1, 13, 15 y 19)
- BARNETT, J. R. (Ed.) 1981. *Xilem cell development*. Kent, England: Castle House Pub.
- FENGEL, D. y G. WEGENER. 1984. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Berlin: Walter de Gruyter
- HIGUCHI, T. (Ed.) 1985. *Biosynthesis and biodegradation of wood components*. Orlando: Academic Press Inc.
- HON, DNS and N. SHIRAISHI (Eds.) 2000. *Wood and Cellulosic Chemistry*. 2<sup>nd</sup> edition. New York: Marcel Dekker Inc.
- KOLLMAN, F. F. P. and W. A. COTE. 1968. *Principles of wood science and technology*. Vol. 1. Solid wood. New York: Springer-Verlag.
- LIN, S. Y. y C. W. DENICE (Eds.) 1992. *Methods in Lignin Chemistry*. New York: Springer-Verlag
- NORTHCOTE, D.H. 1972. Chemistry of the plant cell wall. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23, 113-132.
- ROWELL, R. M. (Ed.) 2012. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. 2nd edition. Boca Ratón: CRC Press (solo Capítulo 3: Cell wall chemistry)
- SJÖSTRÖM, E. 1993. *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. 2nd edition. San Diego: Academic Press
- SJÖSTRÖM, E. 1981. *Wood chemistry, fundamentals and applications*. New York: Academic Press Inc.
- SJÖSTRÖM, E. y R. ALÉN (Eds.) 1999. *Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping and Papermaking*. Berlin: Springer-Verlag
- STAMM, A. J. 1964. *Wood and cellulose science*. New York: Ronald Press Company
- WADE, L. G. Jr. 1993. *Química orgánica*. 2a. Edición. México: Prentice Hall
- WALKER, J. C. F. 2006. *Primary Wood Processing: Principles and Practice*. 2nd edition. Berlin: Springer (solo capítulos 1, 2, 5 y 6)
- WOLFE, S. L. 1993. *Molecular and cell biology*. New York: Harper and Row.