

Nombre de la UAC: <b>Procesos biológicos para el tratamiento del agua</b>	Objetivo general: Comprender los conceptos teóricos y prácticos del tratamiento biológico de aguas y lodos residuales para aplicarlos en desarrollo y adaptación de tecnología apropiada, así como en diseño y operación de sistemas de tratamiento.	Nivel			
		Inductivo	Formativo	Especialidad	Integral
Clave: <b>FESA-11</b>				% Teoría	% Práctico
Consecuente de: N/A		Antecedente de: Todas las del plan y programa de estudios 2014.		50	50
Congruencia con el perfil de egreso:	Conocimientos	Conceptos teóricos y el estado de arte actual en el tema de sistemas biológicos para el tratamiento de aguas y lodos residuales. Mecanismos y modelos cinéticos de degradación de la materia orgánica. Métodos de diseño de reactores biológicos.			
	Habilidades	Plantear soluciones de tratamiento de las aguas residuales, proponer sistemas de tratamiento novedosos, desarrollar proyectos de investigación en el tema, resolver problemas de operación de reactores biológicos, trabajar en equipo.			
	Actitudes y Valores	Actitud reflexiva y crítica ante el estado actual de la ciencia en el tema de procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales y la aplicación del conocimiento para la implementación de sistemas que permiten un manejo sustentable del recurso hídrico.			
<b>Introducción:</b> En este curso se analizarán las bases teóricas de los procesos biológicos utilizados en el tratamiento de aguas residuales, tipos de sistemas, mecanismos y modelos cinéticos que describen la degradación de la materia orgánica y que se utilizan en el diseño de los reactores biológicos. En este análisis, trataremos también de mostrar los estilos y formatos que se utilizan en la elaboración de una tesis para desarrollar la habilidad de proponer un anteproyecto de tesis con estilo y formato propio. Por ello, el curso se dirige a todos los estudiantes que deseen adquirir la habilidad en el uso del método científico para proponer, desarrollar y concluir trabajos de investigación a nivel posgrado.					
<b>Objetivos específicos del curso</b>			<b>Al finalizar este curso el estudiante (competencias):</b>		
1.-Presentar y discutir las características de las aguas y lodos residuales, su impacto al medio ambiente y en la salud, los métodos de su tratamiento y disposición, así como la normativa referente a descarga y reúso del agua residual tratada y de los biosólidos.			a) Conocerá la problemática relacionada con la contaminación provocada por las descargas de aguas y lodos residuales, la normativa referente a descargas, así como los objetivos y los métodos de tratamiento para evitar los impactos negativos al medio ambiente.		
2.-Analizar los fundamentos teóricos de los procesos biológicos utilizados para el tratamiento de las aguas residuales, incluyendo la composición de la biomasa encargada de realizar el proceso, el metabolismo de los microorganismos y las cinéticas de las reacciones bioquímicas y de crecimiento de la biomasa.			b) Conocerá las características del agua y de los lodos residuales, los parámetros utilizados, los criterios y normativas de calidad de agua para su descarga y reúso, así como la normativa referente a la utilización de los biosólidos.		

3.-Discutir los fenómenos de transformación en los procesos de degradación de materia orgánica en los reactores biológicos con biomasa suspendida e inmovilizada, los procesos de nitrificación y desnitrificación, así como presentar los modelos que describen estos procesos. Analizar los diferentes tipos de sistemas de tratamiento biológico aerobio con biomasa en estado suspendido y biomasa inmovilizada.	c) Conocerá los conceptos teóricos involucrados en el tratamiento biológico de las aguas y lodos residuales, así como su aplicación en el diseño de sistemas para tratamiento de aguas y lodos residuales.
4.-Discutir la microbiología, la transferencia de masa y las transformaciones bioquímicas en las diferentes etapas de la degradación anaerobia de la materia orgánica en los reactores biológicos anaerobios. Analizar los diferentes tipos de sistemas de tratamiento biológico anaerobio.	d) Al final del curso el estudiante deberá tener la capacidad de distinguir las diferencias y afinidades de los diferentes sistemas utilizados en la práctica y poder especificar el tipo de sistema de acuerdo con las aguas residuales que se desee tratar.
5.-Mostrar diferentes sistemas naturales de tratamiento biológico de las aguas residuales. Se analizarán los fenómenos y mecanismos de remoción de contaminantes en sistemas lagunares y humedales artificiales.	f) Se desarrollará la aptitud de plantear soluciones tecnológicas para el tratamiento de las aguas residuales con la finalidad de resolver problemas de contaminación por descargas residuales.
6.-Presentar las características de los lodos residuales, la normativa referente a su reutilización o disposición, los objetivos y las alternativas de tratamiento. Analizar los principales procesos biológicos utilizados para la estabilización de lodos residuales.	g) Se desarrollará la habilidad de evaluar sistemas de tratamiento biológico y realizar proyectos de investigación para desarrollar o adaptar tecnología novedosa.
<b>Contenido temático</b>	
<b>Mes 1</b>	
<b>Semana 1</b>	
<b>UNIDAD 1: Características del agua residual, tratamiento y disposición</b>	
<b>Objetivo específico: Presentar y discutir las características de las aguas y lodos residuales, su impacto al medio ambiente y en la salud, los métodos de su tratamiento y disposición, así como la normativa referente a descarga y reúso del agua residual tratada y de los biosólidos.</b>	
<b>Tema 1. Introducción</b>	
<b>1.1</b>	Objetivos del curso
<b>1.2</b>	Conceptos preliminares: uso del agua y generación de aguas residuales
<b>1.3</b>	Impacto de las descargas de las aguas residuales provocada por sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos
<b>Tema 2. Características de las aguas residuales</b>	
<b>2.1</b>	Cantidad de las aguas residuales
<b>2.2</b>	Composición de las aguas residuales
	<b>Practica en laboratorio:</b>
	Determinación de los parámetros DQO y DBO
	Determinación de PT y P-PO4
<b>Semana 2</b>	
<b>Tema 3. Estándares de calidad de agua para descarga y reúso del agua residual tratada</b>	
<b>Tema 4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales</b>	
<b>4.1</b>	Clasificación de los sistemas de tratamiento
<b>4.2</b>	Operaciones y procesos de tratamiento
<b>4.3</b>	Análisis y selección de los procesos de tratamiento
	<b>Practica en laboratorio:</b>

	Determinación de NTK, N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>2</sub> y N-NO <sub>3</sub>
<b>Semana 3</b>	
<b>Tema 5. Sistemas de tratamiento de lodos residuales</b>	
<b>5.1</b>	Generación de lodos residuales
<b>5.2</b>	Características de los lodos
<b>5.3</b>	Biosólidos
<b>5.4</b>	Normativa referente al aprovechamiento y disposición de los lodos
<b>5.5</b>	Métodos de tratamiento de los lodos residuales
	<b>Practica en laboratorio:</b>
	Determinación de SST y SSV
<b>Semana 4</b>	
<b>UNIDAD 2: Fundamentos teóricos del tratamiento biológico de las aguas residuales</b>	
<b>Objetivo específico: Analizar los fundamentos teóricos de los procesos biológicos utilizados para el tratamiento de las aguas residuales, incluyendo la composición de la biomasa encargada de realizar el proceso, el metabolismo de los microorganismos y las cinéticas de las reacciones bioquímicas y de crecimiento de la biomasa.</b>	
<b>Tema 1. Microbiología y ecología del tratamiento biológico</b>	
<b>1.1</b>	Organismos presentes en el agua residual
<b>1.2</b>	Papel de los microorganismos en el tratamiento biológico
<b>1.3</b>	Composición y clasificación de los microorganismos
	Componentes de la célula y su composición
<b>1.6</b>	Metabolismo de los microorganismos
	Fuentes de energía y carbono para las células microbianas
	Requerimiento de nutrientes
<b>1.7</b>	Crecimiento de la biomasa
	Reproducción de las bacterias
	Patrones de crecimiento de las bacterias
	Tasa de crecimiento y su determinación
<b>Tema 2. Cinética de las reacciones bioquímicas</b>	
<b>2.1</b>	Cinética del crecimiento microbiano
<b>2.2</b>	Tasa de utilización de sustratos solubles
<b>2.3</b>	Tasa de producción de sustrato soluble en la biodegradación de materia orgánica particulada
<b>2.4</b>	Tasa de crecimiento de la biomasa con sustratos solubles
<b>2.5</b>	Coefficientes cinéticos de la utilización del sustrato y crecimiento de la biomasa
<b>2.6</b>	Tasa de consumo de oxígeno
<b>2.7</b>	Efectos de la temperatura
<b>2.8</b>	Sólidos suspendidos volátiles y biomasa activa
<b>Mes 2</b>	
<b>UNIDAD 3: Procesos con biomasa en estado suspendido y biomasa inmovilizada, nitrificación y desnitrificación, remoción biológica del fósforo</b>	

**Objetivo específico: Discutir los fenómenos de transformación en los procesos de degradación de materia orgánica en los reactores biológicos con biomasa suspendida e inmovilizada, los procesos de nitrificación y desnitrificación, así como presentar los modelos que describen estos procesos. Analizar los diferentes tipos de sistemas de tratamiento biológico aerobio con biomasa en estado suspendido y biomasa inmovilizada.**

#### **Semana 5**

##### **Tema 1. Proceso de tratamiento biológico con biomasa en estado suspendido**

<b>1.1</b>	Descripción del proceso de tratamiento con biomasa en estado suspendido
<b>1.2</b>	Balace de masa para el substrato y la biomasa
<b>1.3</b>	Concentración de sólidos en el licor mezclado
<b>1.4</b>	Producción de sólidos
<b>1.5</b>	Requerimientos de oxígeno
<b>1.6</b>	Parámetros de diseño y operación
<b>1.7</b>	Efectividad y estabilidad del proceso del proceso
<b>1.8</b>	Nitrificación
<b>1.9</b>	Desnitrificación
<b>1.10</b>	Remoción biológica del fósforo
<b>1.11</b>	Remoción simultánea de materia orgánica y nutrientes

##### **Tema 2. Lodos activados y sus modificaciones**

<b>2.1</b>	Lodos activados convencional
<b>2.2</b>	Reactores de mezcla completa
<b>2.3</b>	Aireación extendida
<b>2.4</b>	Reactores operados de forma secuencial intermitente
<b>2.5</b>	Reactores biológicos con membrana
<b>2.6</b>	Reactores con zonas anóxica y aerobia
<b>2.7</b>	Reactores con zonas anaerobia, anóxica y aerobia

#### **Semana 6**

##### ***Práctica en laboratorio:***

	Características de la biomasa en estado suspendido, cinética
	Determinación de índice volumétrico de lodos
	Determinación de tasa de respiración
	Evaluación del proceso desarrollado en un reactor biológico experimental
	Observaciones microscópicas de los flóculos biológicos

#### **Semana 7**

##### **Tema 3. Proceso de tratamiento biológico con biomasa inmovilizada**

<b>3.1</b>	Flujo del substrato en las biopelículas
<b>3.2</b>	Balace de masa para biopelículas
<b>3.3</b>	Limitaciones del proceso
<b>3.4</b>	Tipos de empaques de los reactores
<b>3.5</b>	Cinética y modelos
<b>3.6</b>	Biofiltros percoladores
<b>3.7</b>	Reactores con biodiscos rotatorios

<b>3.8</b>	Reactores con lecho sumergido
<b>3.9</b>	Reactores desnitrificantes con biomasa inmovilizada
<b>3.1</b>	Reactores combinados con biomasa suspendida e inmovilizada
<b>Semana 8</b>	
	<b>Práctica en laboratorio</b>
	Caracterización de biomasa inmovilizada
	Evaluación del proceso desarrollado en un reactor experimental con empaque sintético
	Observaciones microscópicas de la biopelícula
<b>Mes 3</b>	
<b>UNIDAD 4: Tratamiento anaerobio de aguas residuales</b>	
<b>Objetivo específico: Discutir la microbiología, la transferencia de masa y las transformaciones bioquímicas en las diferentes etapas de la degradación anaerobia de la materia orgánica en los reactores biológicos anaerobios. Analizar los diferentes tipos de sistemas de tratamiento biológico anaerobio.</b>	
<b>Semana 9</b>	
<b>Tema 1. Principios de la degradación anaerobia, aplicación de los procesos anaerobios, ventajas y desventajas</b>	
<b>1.1</b>	Microbiología de la degradación anaerobia
<b>1.2</b>	Bioquímica de la degradación anaerobia
<b>1.3</b>	Requerimientos ambientales
<b>1.4</b>	Retención de la biomasa en sistemas de tratamiento anaerobios
<b>1.5</b>	Evaluación de la masa microbiana y su actividad
<b>1.6</b>	Generación y manejo de biogas
<b>Tema 2. Sistemas anaerobios</b>	
<b>2.1</b>	Sistemas convencionales
<b>2.2</b>	Sistemas de alta carga
<b>2.3</b>	Reactores anaerobios con flujo ascendente y biomasa granular
<b>2.4</b>	Reactores anaerobios con biomasa inmovilizada
<b>2.5</b>	Sistemas combinados
<b>Semana 10</b>	
	<b>Práctica en laboratorio</b>
	Evaluación del proceso desarrollado en un reactor experimental con empaque sintético
	Determinación de la actividad metanogénica de la biomasa
	Observaciones microscópicas de la biomasa
<b>Semana 11</b>	
<b>Tema 3. Operación de reactores biológicos</b>	
<b>3.1</b>	Arranque de los procesos
<b>3.2</b>	Control operacional de los procesos
<b>3.3</b>	Soluciones de problemas frecuentes en la operación
	<b>Práctica en laboratorio</b>
	Control operacional de un reactor biológico
	Elaboración de reporte técnico
<b>Semana 12</b>	

	<b>Visita técnica y trabajo en campo</b>
	Descripción del sistema de tratamiento
	Muestreo y caracterización del agua
	Evaluación de la remoción de materia orgánica y nutrientes
	Elaboración de informe técnico
<b>Mes 4</b>	
<b>UNIDAD 5: Sistemas naturales de tratamiento biológico de aguas residuales</b>	
<b>Objetivo específico: Mostrar diferentes sistemas naturales de tratamiento biológico de las aguas residuales. Se analizarán los fenómenos y mecanismos de remoción de contaminantes en sistemas lagunares y humedales artificiales.</b>	
<b>Semana 13</b>	
<b>Tema 1. Sistemas lagunares: principios de funcionamiento y aplicaciones</b>	
<b>1.1</b>	Laguna facultativa
<b>1.2</b>	Lagunas aerobias
<b>1.3</b>	Lagunas de maduración
<b>1.4</b>	Lagunas aireadas
<b>1.5</b>	Sistemas lagunares combinados
<b>Tema 2. Humedales construidos para tratamiento de aguas residuales</b>	
<b>2.1</b>	Mecanismos de remoción de contaminantes
<b>2.2</b>	Clasificación y funcionamiento
	Humedales de flujo horizontal
	Humedales de flujo vertical
	Tipos de humedales
<b>Semana 14</b>	
	<b>Visita técnica y trabajo en campo</b>
	Descripción del sistema de tratamiento
	Muestreo y caracterización del agua, determinación de la variación de pH, alcalinidad y/o oxígeno disuelto.
	Evaluación de la remoción de materia orgánica y nutrientes
	Elaboración de informe técnico
<b>Semana 15</b>	
<b>UNIDAD 6: Tratamiento, reúso y disposición de lodos residuales y biosólidos</b>	
<b>Objetivo específico: Presentar las características de los lodos residuales, la normativa referente a su reutilización o disposición, los objetivos y las alternativas de tratamiento. Analizar los principales procesos biológicos utilizados para la estabilización de lodos residuales.</b>	
<b>Tema 1. Generación de lodos y sus características</b>	
<b>1.1</b>	Tipos y cantidad de lodos
<b>1.2</b>	Características físicas, químicas y microbiológicas
<b>Tema 2. Normativa referente al reúso y disposición de sólidos</b>	
<b>2.1</b>	Normativa Nacional
<b>2.2</b>	Normativa internacional
<b>Tema 3. Objetivos y alternativas del tratamiento</b>	

<b>3.1</b>	Operaciones y procesos preliminares al tratamiento biológico	
<b>3.2</b>	Degradación anaerobia	
	Fundamentos del proceso	
	Degradación anaerobia mesofílica	
	Degradación anaerobia termofílica	
	Procesos de dos fases	
	<b>Práctica en laboratorio</b>	
	Determinación de características de un lodo residual	
<b>Semana 16</b>		
<b>3.3</b>	Degradación aerobia	
	Descripción del proceso	
	Tratamiento aerobio convencional	
	Tratamiento aerobio autotérmico termofílico	
<b>3.4</b>	Operaciones adicionales para el tratamiento de los lodos residuales	
<b>3.5</b>	Composteo	
	Descripción del proceso	
	Materiales acondicionadores	
	Consideraciones de diseño	
	<b>Práctica en laboratorio</b>	
	Elaboración de una pila estática de composteo y evaluación del proceso	
<b>Semana 17</b>		Reposición de sesiones, Proyectos y Evaluaciones finales
<b>Semana 18</b>		
<b>Semana 19</b>		Trámites académicos-administrativos.
<b>Semana 20</b>		
<b>Bibliografía</b>		
<b>Básica</b>		<b>Complementaria</b>
Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design, M. Henze, IWA Publishing, 2008.		Biological Treatment Processes, W. O. K. Grabow, IWA Publishing, 2001 - 344 páginas
Biological Wastewater Treatment, Third Edition by C. P. Leslie Grady Jr. , 2012.		Wastewater Treatment: Advanced Processes and Technologies, DG Rao; R Senthikumar; J Anthony Byrne; S Feroz, IWA Publishing, 2012.
Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery by Inc. Metcalf & Eddy, George Tchobanoglous, H. David Stensel and Ryujiro Tsuchihashi, 2013.		Water and Wastewater Technology (6th Edition), Mark J. Hammer, 2007.
Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors: Biological Wastewater Treatment Volume 5 (Biological Wastewater... by Marcos Von Sperling, 2007.		The Membrane-Coupled Activated Sludge in Municipal Wastewater Treatment, Gunder Berthold, Technomic Publishing Co., Inc., 2001.
Biofilm Reactors WEF MOP 35 (Water Resources and Environmental Engineering Series) by Water Environment Federation, 2010.		Fundamentals of wastewater treatment and engineering, Rumana Riffat, CRC, 2013
Nutrient Removal, WEF MOP 34 (Water Resources and Environmental Engineering Series) by Water Environment Federation, 2010.		Treatment Wetlands, Second Edition by Robert H. Kadlec and Scott Wallace, 2008.

Natural Wastewater Treatment Systems, Second Edition by Ronald W. Crites, E. Joe Middlebrooks and Robert K. Bastian, 2014.	Treatment Wetlands, Second Edition by Robert H. Kadlec and Scott Wallace, 2008.
Anaerobic Reactors: Biological Wastewater Treatment Volume 4 (Biological Wastewater Treatment Series) by Carlos Augusto De Lemos Chernicharo, 2007.	Waste Stabilisation Ponds: Biological Wastewater Treatment Volume 3 (Biological Wastewater Treatment Series) by Marcos Von Sperling, 2007.
Sludge Treatment and Disposal: Biological Wastewater Treatment Volume 6 (Biological Wastewater Treatment Series... by Cleverson Vitorio Andreoli, Marcos Von Sperling and Fernando Fernandes, 2007.	Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal: Biological Wastewater Treatment Series Volume 1 by Marcos Von Sperling, 2007.
Sludge Treatment and Disposal, Cleverson Vitorio Andreoli, Marcos von Sperling and Fernando Fernandes, IWA Publishing, 2007	Sludge Engineering: The Treatment and Disposal of Wastewater Sludges by F. Dilek Sanin, Ph.D., William W. Clarkson and P. Aarne Vesilind, 2010.
<b>Requisitos para impartir la Unidad de Aprendizaje:</b>	
Conocimientos y experiencia en tratamiento de aguas residuales.	
<b>Criterios de evaluación:</b>	
Tareas	X
Examen Parcial	X
Examen Final	
Trabajo de Investigación	
Prácticas de laboratorio	X
Proyecto Final	
Otros:	Exposiciones orales sobre temas específicos.
<b>Requisitos para acreditar la Unidad de Aprendizaje:</b>	
1. Estar inscrito oficialmente como estudiante de posgrado IMTA.	
2. Haber aprobado las asignaturas que son pre-requisito de ésta.	
3. Aparecer en el acta de calificaciones	
4. El promedio de la asignatura deberá ser igual o mayor a 7.	
5. Cumplir con todas las actividades que el profesor proponga al inicio del curso.	
<b>Perfil docente:</b>	
<b>Disciplina profesional</b>	En el campo de la Hidráulica, Sistemas Ambientales, Hidrología y Meteorología.
<b>Nivel académico</b>	Maestría o Doctorado.
<b>Experiencia docente</b>	Mínima de 3 años en Instituciones de Educación Superior o Universidades con prestigio académico.
<b>Experiencia profesional</b>	Mínima de 3 años en centros de investigación, en participación u organización de congresos, simposios académicos a nivel nacional e internacional.
Elaboró: Dra. Petia Mijaylova Nacheva	