



Coordinación de Desarrollo Profesional e Institucional
Subcoordinación de Posgrado
Formato para Tutores
Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC)
(Programas Presenciales)

Nombre del Académico:	Dr. Edson Baltazar Estrada Arriaga							Nivel SNI:	1			
Tutor en el Programa Académico de:												
Maestría	MCTA-HM		MCTA-SA	x	MCTA-ISH		MCA-GIRH	x	MICH		MIAA	x
Doctorado	DSH		x		DICH		DIAA		x			
Coordinación:	Tratamiento y Calidad del Agua											
Subcoordinación:	Tratamiento de Aguas Residuales											

Instrucciones: Con el fin de que los aspirantes al posgrado IMTA puedan realizar su propuesta de investigación (requisito de ingreso al programa), le solicitamos redacte las generalidades de los temas que se desarrollen en su línea de investigación, en la que se preparará el estudiante bajo su tutela durante el proceso de formación en el programa de posgrado. De ser posible, mencionar antecedentes y la metodología propuesta.

Nombre del Proyecto de Investigación:	
Remoción de nitrógeno en un reactor bioelectroquímico acoplado a membranas dinámicas electroconductoras que trata aguas residuales con baja relación C/N	
1	<p>Objetivo: Evaluar el proceso de desnitrificación en un reactor bioelectroquímico acoplado a membranas dinámicas electroconductoras durante el tratamiento de un agua residual con baja relación C/N.</p>
	<p>Actividades: Las descargas de aguas residuales con alto contenido de nitrógeno pueden causar eutrofización en los cuerpos receptores, toxicidad para la vida acuática y representa un peligro potencial para la salud humana. La eliminación biológica de nitrógeno puede remover los componentes nitrogenados contenidos en las aguas residuales mediante la conversión en gas nitrógeno con alta eficiencia y costos relativamente bajos. Sin embargo, la eliminación de nitrógeno de las aguas residuales con una relación baja en carbono y nitrógeno está muy limitado en las plantas de aguas residuales municipales debido a que el carbono orgánico es un factor limitante para la desnitrificación. En este proyecto se estudiará el proceso de desnitrificación en un reactor bioelectroquímico acoplado con membranas dinámicas electroconductoras que se puede utilizar eficazmente para la eliminación biológica del nitrógeno de aguas residuales con una relación baja de C/N sin adición de una fuente de carbono externo. Se evaluarán diferentes relaciones de C/N, tiempos de residencia hidráulica y voltajes aplicados al reactor bioelectroquímico. Se estudiará el efecto de dos ánodos impregnados con nanocatalizadores de hierro (óxido de hierro nano y óxido de grafeno-óxido de hierro) sobre la eliminación del nitrógeno y materia orgánica. Se evaluará el efecto de una membrana dinámica electroconductora sumergida dentro del reactor bioelectroquímico sobre la remoción de los componentes nitrogenados y materia orgánica. Se desarrollará una membrana dinámica que estará compuesta por un soporte primario que será Nylon de 50 µm</p>



	impregnado con grafito, óxidos de hierro, óxido de manganeso y polímeros orgánicos de tal forma que sea una membrana conductiva y electroquímicamente reactiva y que favorezca la separación sólido-líquido con altos fluxes. Se estudiará el mecanismo de la desnitrificación autótrofa y heterótrofa en el sistema bioelectroquímico.
	Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero ambiental, Ingeniero en biotecnología y áreas afines.
	Tema de tesis para nivel de: Maestría () Doctorado () Ambos (x)

Nombre del Proyecto de Investigación:

Desarrollo de electrodos a base de desechos orgánicos como método de bioaumentación para el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica y producción de electricidad en celdas de combustible microbianas

	Objetivo: Desarrollar electrodos a base de desechos orgánicos tales como cáscara de nuez, cáscara de coco, sargazo, FORSU y hueso de mango para el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica y producción de electricidad en celdas de combustible microbianas.
2	Actividades: La recuperación de la bioelectricidad a través del tratamiento de aguas residuales con alto contenido orgánico ha generado gran interés por parte de la comunidad científica, esto derivado de la necesidad de nuevas alternativas para abastecimiento de energía. Específicamente el potencial que tienen las bacterias electrogénicas para generar bioconversión de sustratos orgánicos a electricidad por medio de celdas de combustible microbianas (CCMs) actualmente es de gran interés. Las CCMs son una tecnología que tiene la capacidad de generar bioelectricidad y degradar compuestos orgánicos. Los microorganismos producen electrones mediante su metabolismo durante la degradación de los compuestos orgánicos, estos electrones son transferidos hacia un electrodo (ánodo), el cual se conecta a través de un circuito externo hacia el cátodo donde se combinan con oxígeno y protones formando agua. Diversos factores intervienen en la generación de electricidad en las CCMs, especialmente el tipo de material utilizado para fabricar ánodos y cátodos. Se han reportado que los materiales de electrodos a base de carbón tales como el grafito en sus diferentes presentaciones, grafeno, nanotubos de carbón y electrodos composites son los más utilizados en las CCMs; sin embargo estos electrodos tienen sus limitaciones. Existen residuos orgánicos tales como la cáscara de nuez, sargazo, hueso del mango, cáscara de coco entre otros materiales que pueden ser reducidos a carbón y elaborar carbón activado y/o electrodos. La obtención de estos materiales para elaborar electrodos puede mejorar las eficiencias de producción de electricidad de las CCMs y puede servir también como un método de bioaumentación para tratar agua residuales de alta carga orgánica. En este trabajo se utilizarán cinco desechos orgánicos, cáscara de nuez, cáscara de coco, sargazo, FORSU y hueso de mango para la elaboración de electrodos. Estos electrodos serán la base principal para la elaboración de los ánodos en celdas de combustibles microbianas de dos cámaras. Los residuos orgánicos serán sometidos a un proceso de pirólisis para degradación térmica, posteriormente se someterá a corriente de vapor para extraerá humedad y se llevará a liofilización para deshidratación. Para obtener los grupos funcionales y las características del carbón activado obtenido de estos cinco residuos, se realizarán los siguientes análisis: Microscopía electrónica de barrido, Difracción de rayos X, Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier y Espectroscopía Raman. Los electrodos serán colocados en las



	<p>cámaras anódicas de celdas de combustible microbianas de dos cámaras. Las CCMs serán alimentadas en modo batch con un agua residual con alto contenido de materia orgánica fácilmente biodegradable. Para evaluar la eficiencia de los electrodos se realizarán estudios de voltamperometría cíclica y lineal, cronamperometría e impedancia electroquímica. Para determinar el rendimiento de las CCMs se monitorearán el voltaje y corriente eléctrica, la DQO, nutrientes, ácidos grasos volátiles, proteínas y biogas. Así mismo se realizará una determinación de las comunidades bacterianas desarrolladas sobre los ánodos.</p>
	<p>Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero ambiental, biotecnólogos y áreas afines</p>
	<p>Tema de tesis para nivel de:</p> <p>Maestría () Doctorado () Ambos (x)</p>

<p>Nombre del Proyecto de Investigación: Producción de metano e hidrógeno a partir de la co-digestión anaerobia bioelectroquímica de efluentes agroindustriales acoplado a un sistema ultrasónico-magnético</p>	
3	<p>Objetivo: Evaluar la producción de metano e hidrógeno durante la co-digestión anaerobia bioelectroquímica en dos etapas acoplado a un sistema ultrasónico-campo magnético utilizando efluentes agroindustriales.</p>
	<p>Actividades: Hoy en día, los sistemas electroquímicos catalizados por microorganismos tales como las celdas de electrólisis microbianas se están aplicando intensivamente en la investigación básica como una plataforma sostenible para aprovechar la energía contenida en las aguas residuales para generar productos de valor agregado tales como metano e hidrógeno. La co-digestión anaerobia ha demostrado ser eficiente para incrementar la producción de biogas para aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. Se ha determinado que el ultrasonido y campo magnético aplicado a las aguas residuales pueden cambiar las estructuras moleculares de los compuestos orgánicos e inorgánicos haciéndolos más biodegradables. En este trabajo se estudiará una manera de maximizar la producción de hidrógeno y metano a través de la co-digestión anaerobia bioelectroquímica asistida por ultrasonido y campo magnético durante el tratamiento de un efluente agroindustrial con alto contenido de materia orgánica. Se estudiará el proceso de co-digestión anaerobia bioelectroquímica en dos etapas combinando una mezcla de estiércol de cerdo y bagazo de caña para incrementar la producción de hidrógeno y metano utilizando un efluente agroindustrial con alto contenido de materia orgánica. Se determinará el efecto que tiene los porcentajes de mezcla de los co-sustratos, la carga orgánica, los materiales de los electrodos y el voltaje aplicado sobre la producción de hidrógeno y metano. Se evaluará la influencia del ultrasonido (potencia, frecuencia y tiempo de exposición) y el efecto del campo magnético (intensidad, tiempo de exposición y tipo de imán) sobre las productividades de hidrógeno y metano como pretratamiento en cada una de las etapas que conforma el sistema de co-digestión anaerobia bioelectroquímica en dos etapas.</p>
	<p>Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero ambiental, biotecnólogos y áreas afines</p>
	<p>Tema de tesis para nivel de:</p> <p>Maestría () Doctorado () Ambos (x)</p>



Nombre del Proyecto de Investigación: Degradación de colorantes a través de un reactor fotoelectroquímico asistido por ultrasonido y electrodos impregnados con nanomateriales	
4	<p>Objetivo: Identificar los parámetros que afectan la degradación de colorantes utilizando un reactor fotoelectroquímico asistido con ultrasonido y electrodos impregnados con nanomateriales.</p>
	<p>Actividades: Los procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de efluentes industriales han ganado un gran interés en los últimos años debido a que se generan agentes oxidantes muy fuertes como el radical hidroxilo para la degradación de contaminantes tóxicos y colorantes. En especial, los procesos de oxidación electroquímica han atraído una gran atención para el tratamiento del agua a través de la generación electrocatalítica continua e in situ de especies oxidantes fuertes con la posibilidad de evitar la adición externa de agentes químicos oxidantes. La sinergia entre los sistemas fotoquímicos y la electrólisis para llevar cabo el proceso fotoelectro-Fenton solar es un sistema con gran potencial para tratar aguas residuales de difícil degradación biológica. La tecnología ultrasónica como tecnología innovadora se puede utilizar para el tratamiento de efluentes industriales y eliminar compuestos de difícil degradación. Esta tecnología actúa como un proceso de oxidación avanzada. La aplicación de esta tecnología conduce a la descomposición de muchos compuestos orgánicos complejos en compuestos mucho más simples durante los compuestos físicos y químicos durante el proceso de cavitación. La combinación de ambos procesos fotoelectro-Fenton solar y la cavitación puede incrementar la eficiencia de tratamiento de efluentes industriales y remover eficazmente compuestos orgánicos de difícil degradación. En este proyecto se implementará un reactor fotoelectroquímico acoplado a un sistema ultrasónico para degradar un colorante tipo azo. Se evaluará la cinética de degradación del colorante modelo aplicando diferentes condiciones de operación como son: frecuencia (Hz) y potencia (W) de salida, tiempo de exposición de ondas ultrasónicas, corriente eléctrica (A) y radiación luz UV (W/m²). Se probarán dos diferentes materiales de electrodos dopados con nanocatalizadores y grafito.</p>
	<p>Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero electroquímico, Químico, Ingeniero ambiental y áreas afines</p>
	<p>Tema de tesis para nivel de: Maestría (<input checked="" type="checkbox"/>) Doctorado (<input type="checkbox"/>) Ambos (<input type="checkbox"/>)</p>

Nombre del Proyecto de Investigación: Potencial bioquímico de hidrógeno de lixiviados de rellenos sanitarios por fermentación oscura y fotofermentación asistido por ultrasonido	
5	<p>Objetivo: Evaluar el potencial bioquímico de hidrógeno de lixiviados de rellenos sanitarios de diferentes edades a través de la fermentación oscura y fotofermentación asistido por ultrasonido como método de pretratamiento</p>
	<p>Actividades: Una de las principales afecciones al medio ambiente generada debido a aspectos antropogénicos, es la excesiva generación de residuos sólidos, que han sido dispuestos en sitios de disposición final o rellenos sanitarios. Estos rellenos sanitarios generan lixiviados los cuales son altamente contaminantes debido a que presentan una gran cantidad de materia orgánica, compuestos orgánicos tóxicos, metales pesados y alta concentración de nitrógeno amoniacal. Las características fisicoquímicas de los lixiviados están relacionadas por la</p>



	<p>humedad, temperatura, presencia de oxígeno, composición y compactación de los residuos sólidos, tipo de clima, edad del relleno, el nivel de degradación de los residuos, diseño y operación del relleno sanitario, procesos de conversión microbiológica y química, así como la interacción del lixiviado con el medio ambiente. Es por ello que los lixiviados deben ser tratados ya sea por procesos biológicos y tratamientos químicos para no incrementar las afectaciones al medio ambiente. Debido a que los lixiviados presentan altas concentraciones de materia orgánica (dependiendo la edad del relleno) y compuestos orgánicos de difícil degradación es posible formar compuestos más fácilmente biodegradables aplicando la sonicación como un método de pretratamiento con el objetivo de mejorar la digestibilidad de los lixiviados para posteriormente obtener metano o biohidrógeno a través de procesos de digestión anaerobia y/o fermentación oscura. En este proyecto se estudiará el potencial bioquímico de hidrógeno de lixiviados de diferentes edades a través de la fermentación oscura y fotofementación pretratados con sonicación y fotosonicación. Se evaluará el efecto del tiempo de exposición de sonicación, potencia, frecuencia y radiación con luz UV sobre la solubilidad de los lixiviados utilizando la tecnología de sonicación como método de pretratamiento. Se estudiará el efecto de la relación sustrato-inóculo y sustrato pretratado-inóculo sobre el potencial bioquímico de hidrógeno a través de la fermentación oscura y fotofermentación.</p>
	<p>Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero ambiental, biotecnólogos y áreas afines</p>
	<p>Tema de tesis para nivel de:</p> <p>Maestría () Doctorado () Ambos (x)</p>

Nombre del Proyecto de Investigación:

Efecto del ensuciamiento de membranas sobre la producción de electricidad en celdas de combustible microbianas

6	<p>Objetivo: Determinar el efecto del ensuciamiento de las membranas de intercambio iónico sobre la producción de electricidad en celdas de combustibles microbianas durante el tratamiento de aguas residuales.</p>
	<p>Actividades: La producción de electricidad en celdas de combustible microbianas se ve afecta por diversos factores. Unos de los principales factores es el ensuciamiento de las membranas de intercambio iónico. El ensuciamiento de las membranas impide el transporte de protones hacia la cámara catódica, disminuyéndose la producción de electricidad. El ensuciamiento se ve afectado por diversos factores tales como la acumulación de sustancia poliméricas extracelulares, sólidos, iones depositados sobre la superficie de las membranas y la carga orgánica aplicada. En este trabajo se evaluará el ensuciamiento diferentes tipos de membranas en una celda de combustible microbiana de una y dos cámaras, aplicando diferentes cargas orgánicas y diferentes anólitos. El seguimiento del ensuciamiento de las membranas se realizará a través de la impedancia electroquímica, análisis de las biopelículas por metagenómica, proteínas y carbohidratos, curvas de polarización, microscopía electrónica de transmisión y de barrido. Durante toda la experimentación se evaluará la producción de electricidad y la remoción de contaminantes tales como materia orgánica (DQO), sólidos (SST), nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio y otros elementos que puedan causar incrustaciones.</p>
	<p>Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero ambiental, biotecnólogos y áreas afines</p>



	Tema de tesis para nivel de: Maestría (<input checked="" type="checkbox"/>) Doctorado (<input type="checkbox"/>) Ambos (<input type="checkbox"/>)
--	--

Nombre del Proyecto de Investigación:
Producción de metano en un reactor anaerobio bioelectroquímico a través de la distribución espacial de electrodos

7	Objetivo: Determinar el efecto de la distribución espacial de los electrodos (distancia, profundidad, posición) dentro de un reactor anaerobio bioelectroquímico sobre la producción de metano durante el tratamiento de un agua residual de alta carga orgánica.
	Actividades: Hoy en día, los sistemas electroquímicos catalizados por microorganismos tales como las celdas de electrólisis microbianas se están aplicando intensivamente en la investigación básica como una plataforma sostenible para aprovechar la energía contenida en las aguas residuales para generar productos de valor agregado tales como metano e hidrógeno. En este trabajo se estudiará una manera de maximizar la producción de metano a través del posicionamiento (distancia y profundidad de los electrodos) y arreglo de los electrodos (ánodo y cátodo) dentro de un reactor anaerobio bioelectroquímico. Se determinarán las productividades y rendimientos de metano con los diferentes posicionamientos y arreglos de electrodos. Como ánodo y cátodo se utilizará fieltro de grafito y espuma de níquel, respectivamente. Durante toda experimentación se determinará el volumen del biogas y su composición, remoción de materia orgánica medida como DQO, corriente eléctrica, resistencia interna y concentración de ácido grasos volátiles. Así mismo, se determinaran las comunidades bacterianas con las diferentes condiciones de operación.
	Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero ambiental, biotecnólogos y áreas afines
	Tema de tesis para nivel de: Maestría (<input checked="" type="checkbox"/>) Doctorado (<input type="checkbox"/>) Ambos (<input type="checkbox"/>)

Nombre del Proyecto de Investigación:
Tratamiento de aguas residuales municipales por medio de un sistema híbrido humedal construido-sistemas bioelectroquímicos

8	Objetivo: Evaluar la eficiencia de tratamiento y producción de electricidad en un sistema híbrido conformado por un humedal construido-celda de combustible microbiana-celda de electrólisis microbianas durante el tratamiento de aguas residuales.
	Actividades: El incremento de la demanda de agua y energía por el aumento demográfico es un tema crítico para el desarrollo sustentable. El sistema de tratamiento de aguas residuales que tiene mayor aplicación en todo el mundo y que presenta buenas eficiencias de tratamiento de aguas residuales es el de lodos activados. Sin embargo, este sistema junto con sus variantes ha repercutido en la liberación de gases de efecto invernadero. Además, estos sistemas generan un alto consumo de energía y producción de lodos residuales. Por lo anterior, es urgente desarrollar métodos de tratamiento energéticamente eficientes, ecológicos que generen menos



	<p>cantidades de lodos residuales. En este trabajo se implementará un sistema híbrido a nivel laboratorio conformado por un humedal construido-celda de combustible microbiana-celda de electrólisis microbiana para el tratamiento de aguas residuales municipales. Se probarán dos tipos de configuraciones. La primera configuración del sistema híbrido será conformada por tres cámaras; la primera cámara será una celda de combustible microbiana tipo humedal, la segunda cámara será un humedal construido y la tercera cámara será una celda de electrólisis microbiana tipo humedal. En la segunda configuración estará conformado por tres cámaras; la primera cámara será una celda de combustible microbiana tipo humedal, la segunda cámara será una celda de electrólisis microbiana y la tercera cámara será el humedal construido. La electricidad generada por la celda de combustible microbiana se aplicará a la celda de electrólisis microbiana. Se evaluará las remociones de los contaminantes (DQO, nitrógenos y fósforo) en las salidas de las tres cámaras de tratamiento. Así mismo se medirá la producción de electricidad generada por la celda de combustible microbiana. Se realizará un estudio de las comunidades bacterianas desarrolladas en el sistema híbrido.</p>
	<p>Perfil del estudiante idóneo: Ingeniero químico, Ingeniero ambiental, biotecnólogos y áreas afines</p>
	<p>Tema de tesis para nivel de: Maestría (x) Doctorado () Ambos ()</p>

Nomenclatura:

- MCTA-HM: Maestría en Ciencias y Tecnología del Agua / Hidrometeorología (IMTA)
- MCTA-SA: Maestría en Ciencias y Tecnología del Agua / Sistemas Ambientales (IMTA)
- MCTA-ISH: Maestría en Ciencias y Tecnología del Agua / Ingeniería en sistemas Hidráulicos (IMTA)
- MCA-GIRH: Maestría en Ciencias del Agua / Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (IMTA)
- MICH: Maestría en Ingeniería Civil / Hidráulica (IMTA-UNAM)
- MIAA: Maestría en Ingeniería Ambiental / Agua (IMTA-UNAM)
- DSH: Doctorado en Seguridad Hídrica (IMTA)
- DICH: Doctorado en Ingeniería Civil / Hidráulica (IMTA-UNAM)
- DIAA: Doctorado en Ingeniería Ambiental / Agua (IMTA-UNAM)

