

GACETA

**DEL INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

REPORTAJES DE INTERÉS

Laboratorio de Ingeniería Ambiental y su Sistema de Gestión de la Calidad

Desarrollo tecnológico para la obtención de biocombustibles a partir de microalgas cultivadas en aguas residuales

Tratamiento de aguas residuales en México

Uso de sistemas de microalgas y bacterias para la purificación de biogás y gases de combustión



Entrada al LIA, Área Experimental 1

Este número de la Gaceta del Instituto de Ingeniería está dedicado a la Coordinación de Ingeniería Ambiental, con la finalidad de dar a conocer el tipo de investigaciones que en ella se realizan.

La Coordinación de Ingeniería Ambiental tiene como objetivos principales: el ofrecer soluciones innovadoras, efectivas, eficientes y de costo aceptable a problemas ambientales del país, a través de investigación básica y aplicada, así como desarrollos tecnológicos en los que participan recursos humanos que están en formación. Los temas que se estudian son muy variados, los más representativos son: tratamiento, manejo y reúso de agua, calidad del agua, potabilización, plantas de tratamiento de aguas residuales, producción de biocombustibles, valorización de residuos para su reúso en procesos de tratamiento, tratamiento de emisiones gaseosas, manejo de lodos, análisis ciclo de vida, contaminantes emergentes, evaluación de riesgo, saneamiento de suelos y sostenibilidad de acuíferos, entre otros.

Una muestra representativa del impacto de las investigaciones que se llevan a cabo en la Coordinación de Ingeniería Ambiental son las cuatro contribuciones que se incluyen en este número que llevan como título: Desarrollo tecnológico para la obtención de biocombustibles a partir de microalgas cultivadas en aguas residuales del grupo de la Dra. María Teresa Orta; Tratamiento de aguas residuales municipales en México: unir la necesidad de incrementar la cobertura y la confiabilidad de su operación con la oportunidad de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero del grupo del Dr. Adalberto Noyola; Uso de sistemas de microalgas y bacterias para la purificación de biogás y gases de combustibles del grupo del Dr. Armando González; los principales temas del Grupo de Tratamiento y Reúso de la Dra. Blanca Jiménez, así como una descripción del Laboratorio de Ingeniería Ambiental.

Susana Saval Bohórquez

Coordinadora de Ingeniería Ambiental

UNAM

Rector
Dr. Enrique Graue Wiechers

Secretario General
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Secretario Administrativo
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

Secretario de Desarrollo Institucional
Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

Secretario de Atención a la Comunidad Universitaria
Dr. César Iván Astudillo Reyes

Abogada General
Dra. Mónica González Contró

Coordinador de la Investigación Científica
Dr. William Lee Alardín

Director General de Comunicación Social
Mtro. Néstor Martínez Cristo

IIUNAM

Director
Dr. Luis A. Álvarez Icaza Longoria

Secretaria Académica
Dra. Rosa María Ramírez Zamora

Subdirector de Estructuras y Geotecnia
Dr. Manuel Jesús Mendoza López

Subdirector de Hidráulica y Ambiental
Mtro. Alejandro Sánchez Huerta

Subdirector de Electromecánica
Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón

Subdirector de Unidades Académicas Foráneas
Dr. Germán Buitrón Méndez

Secretario Administrativo
Lic. Salvador Barba Echavarría

Secretario Técnico
Arq. Aurelio López Espíndola

Secretario de Telecomunicaciones e Informática
Ing. Marco Ambriz Maguey

Jefe de la Unidad de Promoción y Comunicación
Lic. Israel Chávez Reséndiz

GACETA DEL IIUNAM

Editor responsable
Lic. Israel Chávez Reséndiz

Reportera
Lic. Verónica Benítez Escudero

Fotografías
Archivo Fotográfico del IIUNAM

Fotografía de portada

Entrada al LIA, Sandra Lozano Bolaños

Diseño
Sandra Lozano Bolaños

Corrección de estilo
Gabriel Sánchez Domínguez

Impresión
Navegantes S.A. de C.V.

Distribución
Guadalupe De Gante Ramírez

GACETA DEL IIUNAM

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual este muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, los cursos y los talleres que imparte, reportajes de interés e información general. Se publica los días 10 de cada mes, con un tiraje de 1500 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2014 070409264300 109. Certificados de Licitud de Título y de Contenido en trámite. Instituto de Ingeniería, UNAM, edificio Fernando Hiriar, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, México, DF, tel. 5623 3615.



LA COORDINACIÓN DE INGENIERÍA AMBIENTAL

La Coordinación de Ingeniería Ambiental se creó en 1960 bajo el nombre de Coordinación de Ingeniería Sanitaria como parte de la entonces Subdirección de Hidráulica, desde entonces contaba ya con un laboratorio cuya finalidad era determinar la calidad de muestras de agua. A principios de 1977, la Coordinación de Ingeniería Sanitaria cambió de nombre a Coordinación de Ingeniería Ambiental y también se designó con ese nombre al Laboratorio.

Actualmente, la Coordinación de Ingeniería Ambiental y el Laboratorio de Ingeniería Ambiental forman parte de la Subdirección de Hidráulica y Ambiental, ambos se encuentran ubicados en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería, en Ciudad Universitaria.

La planta académica de la Coordinación está formada por 10 investigadores y 23 técnicos académicos, así como honoristas y una población de más de 100 becarios que están

en constante movilidad. Los becarios de posgrado provienen de los programas de Ingeniería Ambiental, Ciencias Bioquímicas, Urbanismo y Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM, así como de otras instituciones. Los becarios a nivel licenciatura que realizan su tesis, el servicio social o estancias, provienen de las Facultades de Ingeniería, Química, Ciencias y Arquitectura de la UNAM, así como de carreras afines de diversas instituciones del país. Las investigaciones que se llevan a cabo dan lugar a productos académicos como: artículos en revistas científicas de circulación nacional e internacional, presentaciones en congresos nacionales e internacionales, patentes, desarrollos tecnológicos, informes técnicos y material de difusión.

Los proyectos que se llevan a cabo en la Coordinación de Ingeniería Ambiental reciben patrocinio de instituciones públicas y privadas, entre las que se pueden citar: CONACYT, SECITI, CONAGUA, Banco de México, Banco Interamericano de Desarrollo, ASA, DGAPA, destaca también el patrocinio de la Fundación Bill y Melinda Gates.

Susana Saval Bohórquez
Coordinadora de Ingeniería Ambiental

TEMAS DE INVESTIGACIÓN Y NOMBRES DE LOS ACADÉMICOS DE LA COORDINACIÓN DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Temas de investigación	Integrantes del grupo	Correos electrónicos
-Biocombustibles gaseosos a partir de residuos sólidos urbanos (RSU) -Biopelículas para tratamiento de aguas residuales	Dr. Simón González	sgm@pumas.iingen.unam.mx
	Dr. Óscar González	ogonzalezb@iingen.unam.mx
-Tratamiento de agua residual -Reúso y potabilización del agua -Alternativas no convencionales para el suministro de agua -Manejo integral de lodos residuales -Contaminantes emergentes en matrices ambientales -Microbiología ambiental -Evaluación de riesgo -Cambio climático	Dra. Blanca Jiménez	bjimenezc@iingen.unam.mx
	Dr. José Antonio Barrios	jbarriosp@iingen.unam.mx
	Dra. Alma Chávez	achavezm@iingen.unam.mx
	Dr. José Elías Becerril	jbecerrilb@iingen.unam.mx
	Mtra. Inés Navarro	ing@pumas.iingen.unam.mx
	Mtra. Catalina Maya	cmayar@iingen.unam.mx
	-Tratamiento anaerobio de aguas residuales y lodos -Plantas de tratamiento de aguas residuales y gases de efecto invernadero -Biorreactores anaerobios de membrana	Dr. Adalberto Noyola
Dr. Ulises Durán		uduranh@iingen.unam.mx
Dr. Juan Manuel Morgan		jmms@pumas.iingen.unam.mx
Mtra. Margarita Cisneros		mec@pumas.iingen.unam.mx
-Producción de biocombustibles (biodiesel, bioetanol, biogás, bioturbosina) a partir de microalgas cultivadas en aguas residuales -Separación de microalgas mediante ozoflotación -Películas de polietileno susceptibles de biodegradación bajo condiciones de compostaje -Desinfección de agua con presencia de bacterias emergentes resistentes	Dra. Ma. Teresa Orta	mortal@iingen.unam.mx
	Dr. Ignacio Monje	imonjer@iingen.unam.mx
	Mtra. Isaura Yañez	iyanezn@iingen.unam.mx
-Valorización de escorias metalúrgicas en procesos de tratamiento de agua y aire	Dra. Rosa Ma. Ramírez	rramirez@iingen.unam.mx
	Mtra. Leticia García	lgam@pumas.iingen.unam.mx
-Caracterización y saneamiento de suelos y acuíferos -Calidad del agua en cuerpos superficiales -Sostenibilidad de acuíferos -Evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados	Dra. Rosario Iturbe	ria@pumas.iingen.unam.mx
	Dra. Rosa Ma. Flores	rfloress@iingen.unam.mx
	Mtra. Alejandrina Castro	acastror@iingen.unam.mx
	QFB. Adriana Ramírez	arg@pumas.iingen.unam.mx
	Sr. Carlos Flores	cfloresto@iingen.unam.mx
-Tratamiento de emisiones gaseosas	Dr. Armando González	agonzalezs@iingen.unam.mx
-Análisis ciclo de vida, cambio climático y sostenibilidad	Dra. Patricia Güereca	lguerecah@iingen.unam.mx
-Valorización y reúso de residuos sólidos urbanos y microbiología ambiental	Dra. Ma. Neftalí Rojas	mrojasv@iingen.unam.mx
-Recuperación de nutrientes de la orina humana	Mtro. José Luis Martínez	jlm@pumas.iingen.unam.mx
-Impacto Ambiental, Ecología y Sustentabilidad en proyectos de desarrollo	Dr. Pedro Magaña	pmaganam@iingen.unam.mx

LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SU SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

El Laboratorio de Ingeniería Ambiental (LIA) se ubica en la planta baja del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM, en Ciudad Universitaria. Ocupa una superficie de 670 m², cuenta con tres áreas experimentales con espacios asignados a cada uno de los 11 grupos de investigación, un área biológica que incluye las secciones de microbiología, parasitología, biología molecular y microscopía, así como un área instrumental donde se ubican los equipos analíticos.

El LIA cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) que cumple con los requisitos que establece la norma ISO 9001:2008. En enero de este año, obtuvo la certificación por parte del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A. C. El SGC está conformado por un Manual de la Calidad y Procedimientos, de los cuales se derivan formatos, bitácoras e Instrucciones de Trabajo, estos últimos se convierten en los registros que permiten demostrar el cumplimiento de los requisitos.

En el Manual de la Calidad está declarada la Política de la Calidad que establece textualmente lo siguiente: “El personal del Laboratorio de Ingeniería Ambiental expresa su compromiso con la mejora continua del Sistema de Gestión de la Calidad, enfocado a los servicios que ofrece de Uso

de la Infraestructura y Apoyo Analítico, para asegurar la satisfacción de los usuarios que llevan a cabo experimentación como parte de sus proyectos de investigación básica, aplicada o desarrollos tecnológicos, en los que participan estudiantes de todos los niveles como parte de su formación académica”.

El alcance de la certificación ISO 9001:2008 son los dos servicios sustanciales denominados: Uso de la Infraestructura y Apoyo Analítico. El servicio de Uso de la Infraestructura se refiere a la utilización de espacios y equipos de uso común, mobiliario, así como servicios generales y especiales que le son necesarios al usuario para llevar a cabo su experimentación. El servicio de Apoyo Analítico incluye un proceso de determinaciones analíticas de metales o compuestos orgánicos a solicitud del usuario y tres procesos de capacitación que le permiten al usuario adquirir la competencia para operar equipos de uso controlado que pertenecen a las áreas instrumental, biológica y biología molecular. Estos procesos son independientes entre sí.

En los procedimientos del SGC están documentados los requisitos y la planificación necesaria para la realización de los servicios, así como la verificación de su cumplimiento y los productos que se obtienen de cada proceso.

El LIA cuenta además con un Reglamento Interno y el Manual para Atención de Emergencias que deben atender los usuarios, y en su caso, los Lineamientos para el Uso de la Sección de Biología Molecular.

Para facilitar la realización de los servicios sustanciales el LIA cuenta con seis servicios de apoyo para la realización de los servicios sustanciales que son:

- Control de acceso. El usuario debe presentar y aprobar un examen sobre el Reglamento Interno del LIA para



que se le pueda permitir el acceso mediante el uso de una tarjeta magnética.

- Solicitudes de compra. El usuario recibe asesoría y apoyo para solicitar la compra de reactivos y materiales, cumpliendo con las reglas institucionales.

- Gestión de residuos peligrosos. Al realizar experimentación los usuarios se convierten en generadores de residuos peligrosos, por lo que deben cumplir con la normatividad federal y la regulación institucional. Se les brinda apoyo para entregar al almacén temporal los residuos que generan, previo a su envío a disposición final.

- Calibración y verificación de balanzas. El personal del LIA realiza las actividades de limpieza, verificación y calibración de las balanzas analíticas y granatarias que son los equipos de mayor uso y los que requieren más atención para asegurar la confiabilidad de las mediciones.

- Control de inventarios. Se cuenta con los registros de inventario del mobiliario, de los equipos de uso común, controlado y restringido; de los equipos que brindan

servicios generales y especiales; además de los equipos que usa en forma exclusiva el grupo de investigación que adquirió el bien.

- Mantenimiento de instalaciones e infraestructura. Las actividades de mantenimiento son fundamentales para asegurar el buen funcionamiento del LIA. Incluye todos los equipos que están bajo el resguardo del LIA.

Los objetivos de la calidad establecidos en el Manual de la Calidad son:

1. Asegurar el funcionamiento y la eficacia de los procesos del SGC del LIA a través de un cumplimiento de los indicadores de desempeño.
2. Impulsar la mejora continua del SGC mediante el fortalecimiento de las competencias del personal y de los usuarios del LIA.

Los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad cuentan con un código único y están disponibles para los usuarios en Intranet en el sitio del LIA, con excepción de aquellos que son administrados exclusivamente por el personal del LIA.

Personal que está a cargo del funcionamiento del LIA y de su SGC

Dra. Susana Saval	Jefa del LIA Responsable del SGC	ssavalb@iingen.unam.mx
Dr. Daniel de los Cobos	Responsable del Área Biológica y de los procesos de capacitación para operación de sus equipos y uso de la Sección de Biología Molecular	ddeloscobosv@iingen.unam.mx
Mtra. Diana García	Responsable del Área Instrumental, de los procesos de capacitación para operación de sus equipos y gestión de residuos	dgarciaa@iingen.unam.mx
QFB. Denise Reyes	Responsable de determinaciones analíticas: metales por espectrometría de absorción atómica	dreyesg@iingen.unam.mx
Mtra. Tonantzin Ramírez	Responsable de determinaciones analíticas: compuestos orgánicos por cromatografía de ultra alta resolución	tramirezp@iingen.unam.mx
Ing. Roberto Briones	Responsable de Uso de la Infraestructura, Mantenimiento, Seguridad y Control de Acceso	rbrionesm@iingen.unam.mx
-QFB. Soledad Lucario	Responsable de Solicitudes de Compra	esol@pumas.iingen.unam.mx
-Q.F.B. Lorena Vilchis	Responsable de Gestión Documental	lvilchis@iingen.unam.mx

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES A PARTIR DE MICROALGAS CULTIVADAS EN AGUAS RESIDUALES

MARÍA TERESA ORTA

Grupo: Tecnologías Innovadoras en Ingeniería Ambiental

El uso de tecnologías limpias para la obtención de biocombustibles a partir de microalgas como medidas de eficiencia energética, genera bienestar social al disponer de biocombustibles que no impactan el ambiente, lo cual redundará en la salud de la población y conservación de los ecosistemas. El desarrollo de un sistema de recolección de algas económico sigue siendo un reto en la actualidad. Una de las estrategias para disminuir los costos de cosecha es utilizar tecnologías que pueden tener beneficios adicionales aparte de la separación. El grupo de investigación que lidera la Dra. María Teresa Orta Ledesma en colaboración con los doctores Adam Harvey y Sharon Velásquez de la Universidad de Newcastle (UN) en Reino Unido; y apoyado por el Dr. Ignacio Monje, la M. en C. Isaura Yáñez, así como becarios de doctorado, maestría y licenciatura; está desarrollando una tecnología innovadora que permitirá establecer las bases de un desarrollo tecnológico “sustentable”, con el cual se genera bioenergía mediante la producción de biocombustibles (biodiesel, bioetanol y biogás) a partir de microalgas nativas de

la zona del ex-Lago de Texcoco cultivadas en aguas residuales (figura 1). Como beneficio adicional, se consigue agua residual tratada que cumple con los requerimientos de calidad del agua para reúso (Komolafe, 2014; Velásquez, 2014). El proyecto fue seleccionado en la convocatoria del Fondo Sectorial CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA 2013-05.

A nivel mundial se presenta un constante aumento en la demanda de energía, siendo los combustibles fósiles la fuente más económica (FAO, 2008), aunque con impactos negativos al ambiente. Se estima que con el ritmo actual de consumo, las reservas de petróleo serán agotadas en 50 años (IEA, 2010). El biodiesel es un combustible alternativo y una fuente de energía renovable, biodegradable, no contiene compuestos aromáticos y posee mejores propiedades de combustión (Huang *et al*, 2010). Se puede obtener a partir de materias primas tales como: derivados agrícolas (caña de azúcar, plantas alimenticias (granos de maíz, aceites de semillas), insumos no alimenticios (residuos agrícolas y forestales) y microalgas. Existe controversia respecto a la producción de biodiesel a partir de materias primas alimenticias, es por



Figura 1. Zona del ex-Lago de Texcoco, lugar de origen de las microalgas cultivadas en agua residual utilizadas para la obtención de biocombustibles

ello, que la utilización de biomasa microalgal cada día toma más fuerza, ya que no requieren de grandes espacios para su reproducción, tienen tasas de crecimiento mayores que las plantas terrestres (duplican su biomasa en menos de 24 hrs). Pueden cultivarse en diferentes tipos de agua (entre ellas, en agua residual), poseen un alto contenido de ácidos grasos por gramo de biomasa, utilizan la radiación solar y el CO₂ atmosférico como fuente de carbono. Los biocombustibles obtenidos de las microalgas aún no son comerciales, sin embargo existen ya algunas empresas, principalmente en Estados Unidos que intentan su comercialización (Chisti y Yan, 2011). Los biocombustibles de tercera generación (figura 2) como el biodiesel de microalgas, es una tecnología en fase de desarrollo, siendo la producción de biomasa a gran escala y la cosecha, las principales limitantes del proceso de producción.

La cosecha de microalgas es una etapa que consume de 20 a 30% de los costos de producción de biomasa (Pragya

et al, 2013). Los procesos más utilizados son la filtración, centrifugación, floculación y flotación, ninguno de los cuales es completamente satisfactorio. La selección de una técnica de recolección eficiente y accesible es trascendental. El presente desarrollo tecnológico incluye una tecnología novedosa para el cosechado de las microalgas mediante flotación con ozono (ozoflotación) y recientemente se está investigando la sedimentación. Se evalúa el efecto del ozono en la liberación de proteínas surfactantes y la composición de ácidos grasos con potencial aprovechamiento para la producción de biodiesel. El ozono induce a la flotación a través de la liberación de polímeros naturales que agrupan a las microalgas, las cuales son concentradas en la espuma formada en la superficie, lo que posibilita su fácil recolección; posteriormente se cuantifican los lípidos, proteínas y etanol generados (figura 3).

Además de recuperar las microalgas, se tiene el beneficio adicional de tratar exitosamente las aguas residuales que



Figura 2. Clasificación de los biocombustibles y su procedencia.

se destina para reúso, considerando que en México la reutilización del agua residual es una práctica común. El ozono remueve contaminantes incluyendo los organismos patógenos, promoviendo así una mejora en la calidad del agua. Así mismo hemos demostrado que esta tecnología reduce las emisiones de carbono y energía necesarios para limpiar el agua. Con todos los beneficios que se han expuesto, el desarrollo tecnológico se presenta como una tecnología sostenible, nueva y económicamente atractiva dado que la biomasa obtenida se puede convertir en productos económicamente atractivos como bioplásticos, biocombustibles o fertilizantes. Los cultivos de microalgas se han ido escalando: 2, 10, 50, 100, 250, 500, 1000, 5000 mL a nivel laboratorio, actualmente se cuenta con un reactor de circuito abierto conocido como RACEWAY en el que se tiene un cultivo a escala mayor (figura 4).

Recientemente se ha sometido una propuesta atendiendo la Convocatoria Newton Fund Conjunta CONACYT-British Council Mexico en colaboración con la UN proponiendo un sistema innovador a escala piloto para tratamiento de agua residual/lixiviado y la captura de CO₂ utilizando microalgas y ozoflotación. Con ello se espera que los resultados obtenidos en el laboratorio puedan ser escalados, lo que permitirá visualizar la factibilidad de la tecnología utilizando un análisis de sustentabilidad, así como indicadores económicos y de mercado. |

Palabras clave: agua residual, biocombustibles, bioenergía, microalgas, ozoflotación.

Bibliografía

1. FAO (2010). Algae-based biofuels: A review of challenges and opportunities for developing countries. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. IEA (2010). World Energy Outlook. Francia: SOREGRAPH.
3. Huang, GuanHua, Feng Chen, Dong Wei, Xue Wu Zhang, y Gu Chen (2010). Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy*, 87: 38-46.
4. Chisti, Yusuf y Jinyue Yon (2011). Energy from algae: Current status and future trends algal biofuels - A status report. *Applied Energy*, 88: 3277-3279.
5. Oladapo Komolafe, Sharon B. Velasquez Orta, Ignacio Monje-Ramirez, Isaura Yáñez Noguez, Adam P. Harvey, María T. Orta Ledesma (2014). Biodiesel production from indigenous microalgae grown in wastewater bioresource technology, 154: 297-304.
6. Sharon B. Velasquez Orta; Reyna García-Estrada; Ignacio Monje-Ramirez; Adam Harvey; Maria T. Orta Ledesma (2014). Microalgae harvesting using ozoflotation: effect on lipid and FAME recoveries. *Biomass and Bioenergy*, 70:356-363.
7. Pragya Namita, Pandey Krishan K y Sahoo P. K. (2013). A review on harvesting, oil extraction and biofuels production technologies from microalgae. *Renewable and sustainable energy reviews*, 24:159-171.



Figura 3. Extracción de lípidos a partir de biomasa de microalgas cultivadas en agua residual, cosechada mediante el proceso de ozoflotación



Figura 4. Cultivo de microalgas en reactor de circuito abierto conocido como RACEWAY

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN MÉXICO: UNIR LA NECESIDAD DE INCREMENTAR LA COBERTURA Y LA CONFIABILIDAD DE SU OPERACIÓN CON LA OPORTUNIDAD DE REDUCIR SUS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

ADALBERTO NOYOLA, DANIEL DE LOS COBOS, JUAN MANUEL MORGAN Y MARGARITA CISNEROS

En México, 45% del agua residual colectada en sistemas de drenaje es tratado de alguna manera, no siempre con la eficiencia requerida. Es así que 55%, al cual se vienen a sumar los efluentes inadecuadamente tratados, es descargado sin tratamiento a los cuerpos de agua, o bien usados para riego agrícola con graves impactos sobre la salud y el ambiente.

Para hacer frente a la demanda de infraestructura y el cumplimiento de las normativas ambientales, la selección de tecnologías de tratamiento debe tomar en cuenta no solo aspectos tecnológicos, económicos y sociales, sino los impactos al ambiente, incorporando criterios de sostenibilidad y planeación a largo plazo. En este sentido, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) constituyen un importante impacto de la gestión y tratamiento del agua residual, ya que contribuyen directamente al Cambio Climático (CC).

Con cerca de 7% de contribución global de emisiones de CO₂ equivalente y 55% de agua residual no tratada, la gestión del tratamiento de agua residual en México puede contribuir al cumplimiento de las políticas nacionales de cambio climático. En ese sentido, es necesario diseñar y aplicar estrategias de mitigación apropiadas a las condiciones actuales y futuras de la infraestructura de tratamiento de agua residual, teniendo como objetivo una menor huella de carbono.

La emisión de metano a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México tendrá cinco escenarios en 2030 (Noyola *et al*, 2016). Con el fin de apoyar la toma de decisiones que favorezca la adopción de sistemas de tratamiento más sostenibles, cinco escenarios tecnológicos fueron analizados para México, en el horizonte 2030, con 100% de cobertura (Tabla 1). Además, fue considerado un escenario

Tabla 1. Descripción de los escenarios tecnológicos propuestos para el tratamiento de aguas residuales municipales en el horizonte 2030

Escenario Agenda 2030	Escenario B1	Escenario B2	Escenario B3	Escenario B4
100% Tratamiento de aguas residuales colectadas. Mezcla actual de tecnologías de tratamiento.	Nueva infraestructura de PTAR de tipo aerobio: Discos biológicos Dual Lagunas aireadas Lodos activados Zanjas de oxidación	Nueva infraestructura de PTAR de tratamiento combinado. Reactor UASB seguido de: Discos biológicos Filtros biológicos Lagunas aireadas Lodos activados Zanjas de oxidación Quema de CH ₄ en antorcha (76% del total generado).	Sobre la base de Esc. B2 Escenario "Cero Emisiones": Captación de 100% del CH ₄ disuelto y quema en antorcha (total 95% del CH ₄ generado).	Sobre la base de Esc. B2 Aprovechamiento de CH ₄ para producir energía eléctrica en PTAR mayores a 500 l/s PTAR menores: Captación de 50% del CH ₄ disuelto (25% del generado) y quema en antorcha (total 83.75% del CH ₄ generado).

En todos los escenarios existe una cobertura de 100% de tratamiento de aguas residuales municipales recolectadas y las descargas que cumplen con la calidad establecida por la normatividad

tendencial donde no se presentan cambios ni en las políticas ni en el ritmo de avance de la cobertura, de tal manera que sirviera como escenario base (EB).

La metodología del IPCC para los inventarios nacionales de GEI fue utilizada para determinar las emisiones de metano, basados en los factores propuestos por *default* Metodología Tier 1. Para cada instalación de tratamiento (2186 plantas), fueron estimadas las remociones de materia orgánica (demanda bioquímica de oxígeno, DBO), con base en un influente con una DBO de 244 mg/L, valor representativo del agua residual municipal en Latinoamérica (Noyola *et al*, 2012).

La producción anual de CO₂eq. del EB y los cinco escenarios mejorados se presentan en la figura 1, para el periodo 2010–2030. La diferencia entre los escenarios EB y A2030 es debida a la cobertura de tratamiento que alcanzan (87% vs 100% respectivamente). La reducción de las emisiones de GEI provenientes del tratamiento de agua residual municipal en México podría ser tan elevada como 34% si es comparada con el escenario EB. Esto podría alcanzarse con el uso de procesos con tecnologías combinadas anaerobio-aerobio que incluyan la recuperación de metano disuelto con una alta eficiencia en su combustión, junto con la cogeneración de electricidad en instalaciones con capacidad de tratamiento mayores de 500 L/s. Si la producción de electricidad no es considerada, la reducción de las emisiones de GEI se limita a 14%. Claramente, el impacto de la recuperación de biogás para producción de

energía eléctrica es altamente significativo en la reducción de las emisiones de GEI.

Es importante hacer notar que la adopción del escenario B4 representaría, en el año 2030, una reducción de emisiones de CO₂eq. con relación a 1990 de 25%, lo cual sería un resultado claramente positivo en la estrategia nacional de mitigación de emisiones.

La producción de biogás y su recuperación del agua residual constituyen una fuente renovable de energía y podría tener beneficios ambientales significativos en términos de emisiones de GEI. Más aun, al realizar una estimación económica aproximada se puede observar que adoptar el escenario de tecnología híbrida anaerobio-aerobio en lugar del completamente aerobio, puede representar ahorros en la inversión inicial (al menos 10%). Un ahorro más significativo puede resultar en la operación y mantenimiento (alrededor de 40% en los gastos anuales en cada rubro)

Control de metano disuelto en efluentes anaerobios (Huete *et al*, 2016). La gestión adecuada del biogás generado en la mayoría de plantas anaerobias municipales pequeñas (< 25 L/s) es una problemática ambiental presente en los países de América Latina, ya que el biogás generado es sólo ventilado a la atmósfera, contribuyendo de esta forma directamente al inventario de gases de efecto invernadero. Aunado a esta práctica inadecuada, las pérdidas de CH₄ disuelto en los efluentes de reactores anaerobios que tratan aguas residuales municipales

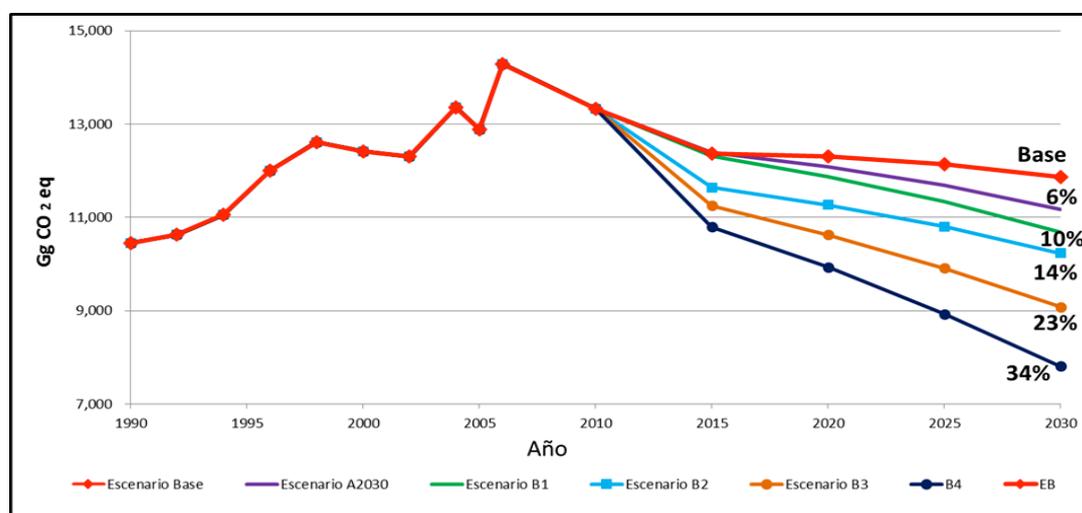


Figura 1. Emisiones de CO₂ eq. a partir del tratamiento de aguas residuales municipales en el horizonte 2030 en función de 5 escenarios tecnológicos (Noyola *et al*, 2016).

representan entre 30 y 60% del total de CH_4 generado en el reactor.

El Instituto de Ingeniería ha desarrollado un sistema piloto para desorber y oxidar el metano disuelto (y el sulfuro de hidrógeno) en los efluentes anaerobios, aplicable particularmente a pequeñas plantas de tratamiento. Está constituido por una columna de desorción y un biofiltro relleno de composta, como se muestra en la figura 2. En la columna se desorben los gases disueltos en el efluente anaerobio (CH_4 , H_2S , CO_2) y son alimentados al biofiltro. En esta unidad, microorganismos oxidan la mezcla CH_4 y H_2S a productos menos nocivos (CO_2 y SO_4^{2-}) para el medio ambiente. La columna de desorción logra una eficiencia en la desorción de CH_4 y H_2S de 99 y 30% respectivamente, mientras que el biofiltro oxida 75 y 100% de esos gases.

Conclusión.

La selección de las tecnologías de tratamiento es sumamente importante para conseguir una reducción efectiva de las emisiones de GEI en el sector de tratamiento de agua. Tomar las decisiones correctas puede llevar a alcanzar dos objetivos: la reducción de la descarga directa de agua residual no tratada y la mitigación de emisiones de GEI (metano) provenientes del tratamiento de las aguas residuales municipales. |

Referencias

1. Huete A., de los Cobos-Vasconcelos D., Gómez-Borraz T., Morgan-Sagastume J. M. y Noyola A. (2016). Control of dissolved CH_4 in a UASB reactor effluent from municipal wastewater treatment, Proceedings 13th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems, 14-16 September, Athens, Greece.
2. IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Eds.: M. R. J. Doorn, S. Towprayoon, S. M. Manso Vieira, W. Irving, C. Palmer, R. Pipatti, C. Wang), Vol. 5: Waste, chapter 6: wastewater treatment and discharge, prepared by the national greenhouse gas inventories programme, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan 2006.
3. Noyola A., Padilla A., Morgan-Sagastume J. M., Güereca L. P., Hernández F. (2012). Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America, CLEAN-Soil, Air, Water, 40 (9), 926-932.
4. Noyola A., Paredes M.G., Morgan-Sagastume J. M., Güereca L. P. (2016). Reduction of greenhouse gas emissions from municipal wastewater treatment in Mexico based on technology selection, CLEAN-Soil, Air, Water. 44 (9), 1091-1098.



Figura 2. Planta piloto para el control de las emisiones de CH_4 y H_2S disueltos en el efluente anaerobio. Instalación ubicada en la FES Acatlán (Huete *et al*, 2016)

USO DE SISTEMAS DE MICROALGAS Y BACTERIAS PARA LA PURIFICACIÓN DE BIOGÁS Y GASES DE COMBUSTIÓN

ARMANDO GONZÁLEZ SÁNCHEZ

Una alternativa de generación de energía sustentable que podría reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero es el biogás que se obtiene de procesos anaerobios; su composición tiene una alta dependencia con la materia orgánica digerida en el proceso anaerobio, principalmente está compuesto por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y ácido sulfhídrico (H_2S) entre otros gases.

La generación de combustibles con microalgas es un concepto muy empleado actualmente. Las microalgas son microorganismos que realizan fotosíntesis aprovechando la energía del sol y consumiendo de manera natural el CO_2 para su crecimiento y producción de oxígeno (O_2).

Estos microorganismos fotosintéticos pueden ser células procariotas (sin núcleo verdadero) o eucariotas (con núcleo verdadero). Las células procariotas fotosintéticas son comúnmente conocidas como cianobacterias. Éstas fueron de los primeros seres vivos en la tierra, y su eficiencia fotosintética fue tan grande que transformaron la atmósfera

de la tierra de reductora a oxidante. Posteriormente estas células fotosintéticas evolucionaron y adquirieron un núcleo verdadero, lo cual es conocido como la teoría de la endosimbiosis, dando origen a las llamadas microalgas eucariotas.

El O_2 generado durante la fotosíntesis puede ser utilizado por bacterias aerobias para la oxidación de otros compuestos contaminantes. Por esta razón los sistemas de microalgas y bacterias resultan de gran interés en la purificación de biogás y gases de combustión.

El biogás debe ser purificado para remover el CO_2 y H_2S , ya que estos le restan poder calorífico y son contaminantes. La presencia de altas concentraciones de CO_2 diluye al CH_4 , lo cual provoca una reducción de su capacidad calorífica, además si el CH_4 no es quemado y sólo es venteado a la atmósfera, se contribuiría al efecto del calentamiento global. Por otro lado, el H_2S es inflamable, corrosivo, poco soluble en agua, y produce malos olores. Su combustión produce óxidos de azufre (SO_x) que al combinarse con la humedad de la atmósfera genera lluvia ácida.

Otra línea que se investiga en el grupo, es la depuración de los gases de combustión de los motores Diésel, que contienen gases como el CO_2 , y en menor medida SO_x y óxidos de nitrógeno (NO_x), que generan daños a los ecosistemas y a la salud humana.

La purificación del biogás y el tratamiento de los gases de combustión, se puede efectuar mediante un fotobiorreactor (figura1) interconectado a una columna de absorción. Los fotobiorreactores pueden ser abiertos (figura 1A) o cerrados



Figura 1. (A) Fotobiorreactor abierto (25L), (B) Fotobiorreactor tubular cerrado (120 L)

(figura 1B) en los cuales las condiciones de operación (pH, Temperatura, intensidad luminosa, etc.) pueden ser controladas para efectuar de manera eficiente la fotosíntesis y eliminar los gases indeseables antes mencionados.

En nuestro grupo de investigación empleamos bacterias, microalgas alcalófilas y microalgas marinas. Ambos tipos de microalgas, así como las bacterias fueron colectadas de un ambiente natural y adaptadas a crecer bajo condiciones de laboratorio para el tratamiento del biogás y gases de combustión. En ambas condiciones el pH se mantiene mayor a 8, lo cual es conveniente para la solubilización de los gases indeseables en el medio de cultivo y evita la contaminación con otros microorganismos.

Las microalgas alcalófilas así como las bacterias provienen del ex-Lago de Texcoco, el cuál presenta condiciones alcalino-sódicas consideradas como ambientes extremos.

En la figura 2 se muestra una microfotografía de este consorcio adaptado en el laboratorio. Las microalgas marinas fueron colectadas en el Océano Pacífico, mediante arrastres con red especializada y posteriormente fueron adaptadas a condiciones de laboratorio.

En la figura 3 se muestra a una de las microalgas colectadas del grupo de las diatomeas que son de las más abundantes en el océano y presentan una cubierta de sílice.

Las técnicas analíticas empleadas en nuestros estudios son diversas. Desde métodos físico-químicos básicos, hasta técnicas de biología molecular. Todas con la finalidad de ver la interacción de las microalgas y las bacterias sulfoxidantes, así como en la eliminación y fijación de H_2S y CO_2 , respectivamente.

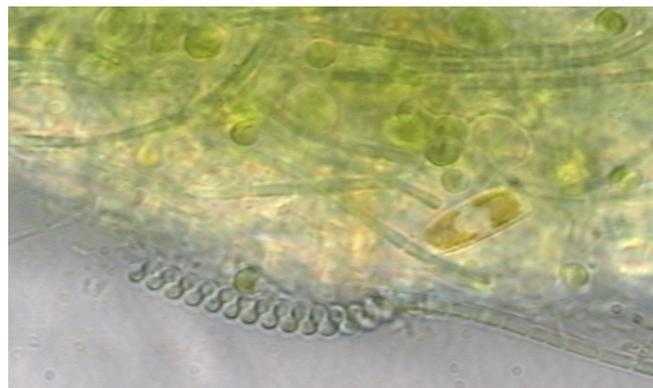


Figura 2. Microfotografía a un aumento de 40X de un consorcio de microalgas alcalino



Figura 3. Microfotografía a un aumento de 100X de una microalga (diatomea) marina colectada en el Océano Pacífico

GRUPO TRATAMIENTO Y REÚSO

El Grupo Tratamiento y Reúso (GTR), fundado por la Dra. Blanca Jiménez Cisneros, tiene más de 20 años en funciones como parte de la Coordinación de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Está compuesto por cerca de 30 personas, incluyendo 6 académicos, 4 profesionales y alrededor de 20 becarios de niveles de licenciatura al post-doctorado. En sus inicios, el Grupo contribuyó a definir los principales problemas de contaminación del agua en México y a partir de ellos desarrolló la fundamentación técnica para la normatividad mexicana en materia de control de descargas de agua residual. De manera paralela, el GTR realizó estudios que sirvieron de base para diversas Normas Mexicanas de análisis (NMX) de agua y lodos residuales (subproductos del tratamiento del agua residual), como las de huevos de parásitos intestinales (helmintos) y bacterias (Salmonella). En el campo del tratamiento del agua, el GTR cuenta con una amplia trayectoria internacional, y es en particular reconocido por sus trabajos para el control, la identificación y la cuantificación de huevos de helmintos en agua, lodos, suelos y excretas. El Grupo también se ha enfocado al desarrollo de tecnologías para el tratamiento y el reúso del agua, principalmente en la agricultura pero también para uso industrial

en zonas de baja disponibilidad. Actualmente, el GTR estudia la factibilidad del reúso de agua como fuente de abastecimiento para diferentes usos, incluyendo el consumo humano, así como el suministro de agua a partir de la cosecha de agua de lluvia. Para lograr lo anterior, se desarrollaron metodologías analíticas de alto nivel que determinan los contaminantes emergentes que representan nuevos riesgos a la salud humana y al ambiente. De igual manera, y para lograr la inactivación de microorganismos de importancia médica (principalmente huevos de helmintos), se propusieron alternativas para inactivar microorganismos patógenos en los lodos residuales de manera que una vez tratados puedan ser usados como biosólidos para mejorar suelos agrícolas, o bien, como sustituto parcial de fertilizantes. El GTR se ha caracterizado por introducir nuevos temas de investigación en la agenda nacional, ya que se ha mantenido siempre alerta de los retos de contaminación que nuestro país tiene. Por su experiencia, los miembros del GTR constantemente son invitados a participar en diversos tipos de eventos internacionales y a colaborar con instituciones de otros países, incluyendo la movilidad estudiantil. Recientemente, su líder, la Dra. Blanca Jiménez, fue invitada por la UNESCO como Directora de la División de Ciencias del Agua y Secretaria del Programa Hidrológico Internacional (PHI), con la finalidad, entre otras cosas, de compartir su experiencia y replicar en otras partes la experiencia del Grupo. El PHI es un programa intergubernamental de Naciones Unidas con representaciones en 165 países, 36 Centros de agua bajo el auspicio de la UNESCO y 38 Cátedras UNESCO de Agua.

Tratamiento de agua residual, reúso y potabilización

El GTR desarrolla proyectos de tratamiento y reúso, cuyos ejes temáticos comprenden la viabilidad del reúso indirecto y directo del agua y su potabilización mediante diversos métodos incluyendo los procesos de membranas (ultrafiltración, nanofiltración, biorreactores y ósmosis inversa). Para lograrlo, se ha empleado al Valle de México y las áreas circundantes como laboratorio vivo, logrando identificar la evolución de la calidad del agua para entender mejor las causas de su contaminación y proponer métodos apropiados para su tratamiento y eventual potabilización. En la actualidad, se trabaja en la optimización de sistemas de tratamiento avanzado del agua, pero también, se evalúan métodos más sencillos, para comunidades rurales, que se basan en la captación de agua de lluvia y su potabilización. Un ejemplo de esto último es el proyecto *Aseguramiento de la cantidad y calidad del agua almacenada en proyectos de captación de agua de lluvia en México*, cuyo objetivo es establecer

el diseño óptimo de captación y tratamiento de agua de lluvia para las condiciones específicas de las poblaciones en México. Otro proyecto es el de Procesos de Potabilización con Múltiples Barreras, el cual evalúa la combinación de diversos procesos de tratamiento (barreras) para tratar agua residual a nivel potable. Este último proyecto incluye la evaluación del riesgo a la salud humana después de cada etapa de tratamiento para demostrar la factibilidad de potabilizar fuentes de suministro no convencionales con un riesgo similar al del consumo de agua convencional. Con ello se busca atender la creciente demanda de agua para la población de México y del Mundo, y en particular en zonas donde el recurso es escaso.

Microbiología ambiental

La gran variedad de microorganismos patógenos y parásitos que son transmitidos a través del agua residual y de los lodos representa un importante riesgo a la salud que los ingenieros ambientales deben atender. Como respuesta a ello, el GTR ha realizado diversas investigaciones para evaluar diferentes procesos de desinfección y analizar su efecto en una amplia gama de microorganismos. Los resultados han permitido evidenciar que el empleo de un único tipo de microorganismo (los coliformes fecales) para asegurar la calidad biológica de un agua, o bien medir la eficiencia de un proceso de desinfección, no es suficiente. Los organismos son muy variados, y hay grupos que incluso han desarrollado adaptaciones que les permiten eludir factores ambientales desfavorables y ser muy resistentes a la desinfección. Este es el caso de los huevos de helmintos, lombrices que infectan a más de 2 500 millones de personas en el mundo. Estos huevos son la estructura biológica más resistente a la desinfección que se conoce y por ello son el reto para cualquier proceso de tratamiento en lodos (los huevos de helmintos presentes en el agua, se separan de ésta y se concentran en los lodos para inactivarlos). El GTR afinó la técnica para identificar y cuantificar los huevos de helmintos en lodos; no obstante, a pesar de los avances, los resultados dependen mucho de la experiencia del analista para reconocer las diversas especies de huevos de helmintos y contarlos en muestras que contienen muchos otros elementos. Por ello, la Dra. Jiménez consideró el empleo de técnicas de reconocimiento digital y propuso a la Fundación Bill y Melinda Gates la elaboración de un *software* para identificar y cuantificar huevos de helmintos a partir de imágenes tomadas al microscopio. Este sistema desarrollado por el grupo, con apoyo de otras instituciones como el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCECADET-UNAM), será útil especialmente en

instalaciones ambientales e instancias que no cuentan con la suficiente experiencia en la identificación de estos patógenos, eliminando la necesidad de un parasitólogo experto y evitando periodos largos de observación; con ello se mejora la precisión y se reduce el costo de este tipo de análisis. El sistema fue probado y validado por el GTR tanto a nivel nacional como internacional y tiene capacidad para ser expandido a otras especies e incluso a otro tipo de microorganismos, ampliando de esta forma su uso potencial.

Contaminantes emergentes

Los “contaminantes orgánicos emergentes” en su mayoría son contaminantes aún no regulados en casi todo el mundo. Sus efectos en la salud y el ambiente se encuentran en estudio, con resultados para varios de ellos alarmantes. Además, hay datos abundantes de su presencia en el ambiente, en particular, en el agua. El GTR fue el primer grupo en América Latina, y de los primeros a nivel mundial, que contó con una técnica para medir contaminantes emergentes en agua y suelos (2005). Esta técnica permite estudiar su remoción y degradación mediante diferentes procesos de tratamiento, pero también seguir su paso en el ambiente. Actualmente, el Grupo trabaja en el desarrollo de la aplicación de técnicas analíticas más rápidas y eficientes para detectar contaminantes emergentes, pero también que tengan menor impacto en el ambiente (Química Verde). También, el grupo se aboca al desarrollo de métodos analíticos para la determinación rápida, sensible y selectiva de subproductos de la desinfección con cloro y plaguicidas en fuentes de suministro de agua así como en el agua potable.

Manejo integral de lodos residuales

Los lodos generados durante el tratamiento del agua residual, por su contenido de patógenos y su potencial de putrefacción, requieren ser tratados por diferentes procesos para reducir riesgos a la salud y al ambiente. El GTR se enfoca al manejo integral de lodos, incluyendo su generación, deshidratación, tratamiento y reutilización. Es importante mencionar que en México, como en muchos otros países en desarrollo, la concentración de virus, bacterias, protozoarios y huevos de helmintos en lodos supera considerablemente los niveles reportados en países desarrollados. Por ello, se requieren tratamientos mucho más eficientes que permitan su reúso en la agricultura, como mejoradores de suelos, o como cubierta de residuos sólidos en rellenos sanitarios para protección. En particular, el Grupo ha estudiado la inactivación de microorganismos a través de diferentes procesos de tratamiento, con los cuales se cumple con la normatividad. De manera novedosa, el Grupo ha estudiado la presencia y remoción de contaminantes emergentes en lodos empleando procesos avanzados de tratamiento. Del mismo modo, en colaboración con otros grupos de investigación del Instituto de Ingeniería, desarrolla métodos para incrementar la energía renovable que puede generarse a partir de lodos.

Los académicos del Instituto de Ingeniería integrantes del grupo, además de la Dra. Blanca Jiménez, están las M. en C. Catalina Maya Rendón e Inés Navarro González, los doctores Elías Becerril Bravo, Alma Chávez Mejía y Jose Antonio Barrios, este último actualmente responsable del grupo.

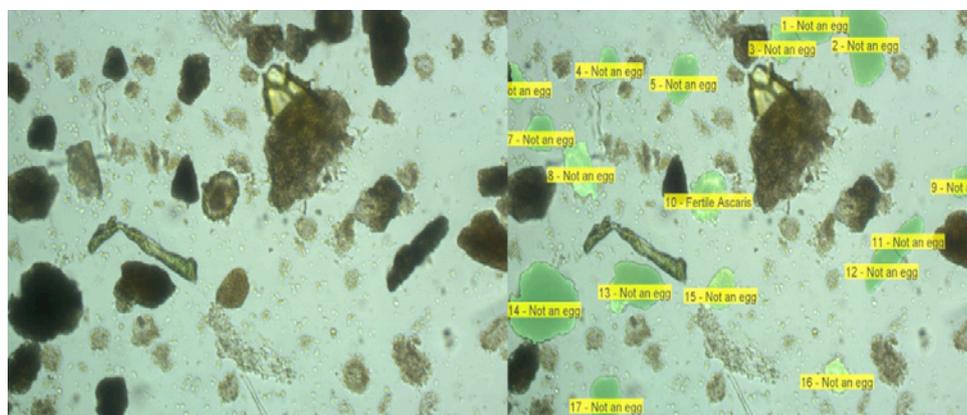


Figura 1. Identificación de huevo de *Ascaris* spp mediante el uso del *software* desarrollado por el Grupo Tratamiento y Reúso



Figura 2. Planta piloto para evaluación de procesos de potabilización con múltiples barreras

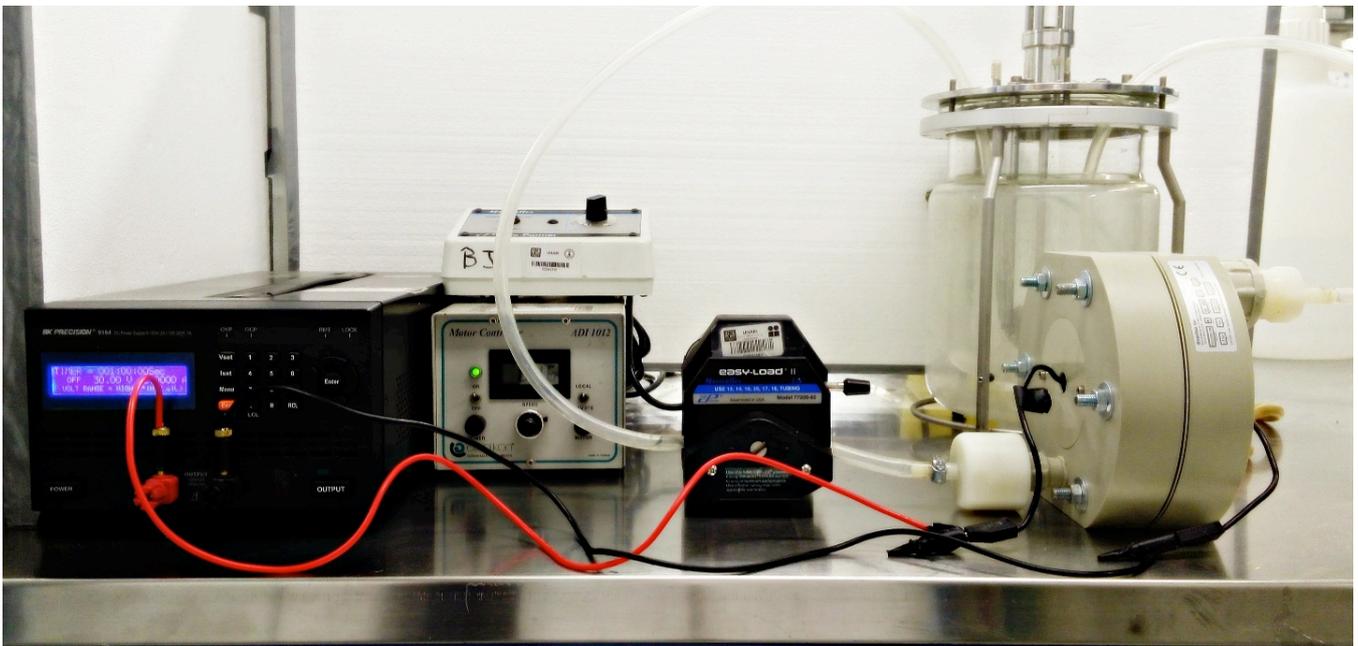


Figura 3. Equipo experimental para pruebas de electrooxidación de lodos residuales

1 CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“Innovando soluciones al mundo”

Organizado por el Congreso del Estado de Tabasco y la Escuela de Biotecnología Ambiental de la UAG Campus Tabasco.

Dra. María Teresa Orta Ledesma
Investigadora del Instituto de Ingeniería (II) de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México)

Dr. Pedro Ávila Pérez
SNI Nivel III, Director de investigación científica del ININ (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares)

Dr. Marco Rito Palomares
Director del Centro de Biotecnología de FEMSA del Tecnológico de Monterrey

Dr. Pablo Martínez
SNI Nivel I, Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, ECOSUR

TEMAS:

- Genética forestal aplicada a la conservación.
- Fitorremediación y fitorremediación.
- Biorremediación de suelos y agua.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Indicadores biológicos.
- Biotecnología verde.
- Biocombustibles.

FECHAS:
12-13-14 octubre 2016

COSTO:
\$350

INFORMACIÓN:
@CongresoBiotecnologia
+52 (993) 310 5170
Ext. 3310

Logos: UAG, T, YCV, ANFEI

La doctora Orta Ledesma participó con la ponencia *Biocombustibles a partir de aguas residuales*, en la que abordó la producción de biocombustibles, a partir de las biomoléculas (carbohidratos y lípidos) extraídas de microalgas cultivadas con agua residual. Las microalgas utilizadas en los experimentos fueron aisladas del Lago Nabor Carrillo en la zona del ex-Lago de Texcoco y adaptadas a crecimiento en agua residual proveniente de una Planta de Tratamiento de Agua Residual. La ventaja de este tipo de cultivos es el tratamiento que se hace al agua para remover contaminantes como nitrógeno y fósforo que las microalgas utilizan como nutrientes para su crecimiento, además de que el cultivo de estos microorganismos no compite con la producción de alimentos, por lo que los biocombustibles generados se clasifican como de tercera generación. Se incluye también el cosechado de la biomasa microalgal por un método novedoso llamado “ozoflotación” que combina las propiedades oxidativas del ozono y la flotación para la separación de la biomasa del agua residual. Por último, la doctora presentó los logros del grupo de trabajo en cuanto a la producción de biodiesel y bioetanol a partir de la biomasa cosechada y las estrategias que se han seguido para optimizar las condiciones de tal manera que se favorezca la remoción de contaminantes del agua, el cultivo de microalgas, la producción de lípidos y carbohidratos en las microalgas, la cosecha de la biomasa y la producción de los biocombustibles ya mencionados.

PRIMER CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

Se llevó a cabo el 1^{er} Congreso Nacional de Biotecnología Ambiental del 12 al 14 de octubre en el Parque Tomás Garrido en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, evento organizado por el Congreso del Estado de Tabasco y la Escuela de Biotecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco con el propósito de abonar al cuidado y conservación del medio ambiente, en el que participaron estudiantes y público en general de todas las instituciones del país interesadas en la difusión de estos temas.

Entre los ponentes magistrales invitados se encuentran los doctores Eugenia J. Olgún del Instituto de Ecología; María Teresa Orta Ledesma del Instituto de Ingeniería de la UNAM, Pedro Ávila Pérez, director del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; Marco Rito Palomares, director del Centro de Biotecnología de FEMSA del Tecnológico de Monterrey y Pablo Martínez del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

DR. RAÚL MUÑOZ TORRE

PROFESOR VISITANTE

EL POTENCIAL DE LAS BIOTECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

Es el título de la conferencia que impartió el Dr. Muñoz Torre profesor del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente de la Universidad de Valladolid, España.



El Dr. Raúl Muñoz –afirma– que toda tecnología que elimina la contaminación con menor impacto ambiental es beneficiosa. Agrega que la investigación que está llevando a cabo junto con el Dr. Armando González del IIUNAM, está basada en la acción de microorganismos donde la degradación se lleva a cabo a temperatura y presión ambiental. Es decir, no se requiere agregar combustible externo, ni añadir reactivos químicos, además no se generan productos tóxicos donde la generación de residuos es mínima. En cuanto al consumo energético y huella de carbono, ofrece numerosas ventajas en comparación con las tecnologías físico-químicas convencionales.

El Dr. Raúl Muñoz comenta que las biotecnologías más comunes se emplean principalmente en el tratamiento de contaminación industrial, tratamiento de gases de efecto invernadero y de eliminación de olores, sobre todo en sistemas de tratamiento de residuos. Estos son los tres grandes campos de aplicación de las biotecnologías, como sistemas de bajo costo y eficiencia. En cambio, las tecnologías convencionales representan altos impactos ambientales y costos elevados de operación, por ejemplo, la filtración con carbón activo y lavados químicos.

La tecnología con la que estamos trabajando en esta investigación –comenta el Dr. Muñoz– consiste en el uso de biofiltros percolados de lecho escurrido y sistemas de

REPORTAJES DE INTERÉS

difusión en lodos activos; todos con una base microbiológica combinada con diferentes configuraciones para mejorar uno u otro aspecto, transporte de los contaminantes o actividad microbiológica.

En Europa actualmente hay alrededor de 7500 biofiltros, varios de ellos se han operado desde hace varios años sobre todo para tratamientos de olores, lo que indica que ésta es una de las tecnologías más utilizadas para el tratamiento de la contaminación atmosférica. A largo plazo es mucho más económico para las empresas tener biotecnologías que tecnologías convencionales.

Con el Instituto de Ingeniería hemos trabajado en la purificación de biogás, tratamiento de olores y tratamiento de sulfuro de hidrógeno. Las bases microbiológicas son similares por lo que podemos trabajar en función de los intereses que vienen marcados por los gobiernos mexicano, español y la Unión Europea. Aplicamos las biotecnologías y las optimizamos para el problema ambiental al que le dan prioridad todos los gobiernos.

Para terminar, quiero hacer un comentario en relación a la plática que impartí sobre la *Importancia de la redacción de artículos científicos* ya que dentro de las labores de un tutor está enseñar a que los alumnos aprendan a escribir y a comunicar. En el mundo académico actual la forma más común de comunicar es a través de artículos científicos y, la forma de aumentar el impacto es a través de la publicación en revistas internacionales. Nuestros estudiantes deben estar bien capacitados en este campo para que ellos puedan enseñar a otros –concluyó–.

DR. MARCO BRESCHI PROFESOR VISITANTE IMANES SUPERCONDUCTORES: APLICACIONES Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

Esta conferencia la organizó la Coordinación de Ingeniería Eléctrica y Computación en el marco de los 60 años de la

fundación del Instituto de Ingeniería de la UNAM, el 1 de septiembre en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth.

En esta ocasión el profesor Breschi presentó las principales aplicaciones de los materiales superconductores a la tecnología de imán. En particular, describió el papel clave de la tecnología superconductora en dos de los proyectos de investigación internacionales más importantes: el LHC (Gran Colisionador de hadrones en el CERN, Ginebra, Suiza) y el proyecto ITER (International Thermonuclear Reactor proyecto Experimental, Cadarache, Francia). También abordó las aplicaciones de los imanes superconductores para la proyección de imagen de resonancia magnética (MRI), para las aplicaciones médicas y de levitación magnética para el transporte. Presentó los sofisticados modelos numéricos desarrollados en la Universidad de Bologna con los que se analiza el comportamiento electromagnético y térmico de sistemas superconductores. Además describió brevemente los hilos y cables para imanes superconductores. Conocer la aplicación de los imanes superconductores es importante porque ellos permiten alcanzar campos magnéticos constantes más altos que cualquier otro sistema, por lo que son usados, como ya se dijo, en varias áreas de la ingeniería (energía e integración de energías renovables, transporte, medicina y electrónica) así como en la ciencia de frontera.

Los doctores Breschi y Frederic Trillaud, investigador del IIUNAM, están trabajando en un proyecto vigente para caracterizar cintas superconductoras comerciales. Por último, vale la pena resaltar que para fomentar el intercambio académico entre estas universidades dos estudiantes mexicanos del programa de maestría y doctorado de la UNAM fueron a trabajar en el laboratorio de Bologna. A la fecha, se publicó un artículo indexado de alto impacto y un segundo artículo está en proceso de escritura.



Seminario en el marco de la Celebración de los 60 años del Instituto de Ingeniería



SUPERCONDUCTING MAGNETS.

APPLICATIONS AND ANALYSIS TOOLS

In the seminar a brief overview of the main applications of superconducting materials to Magnet Technology is given. In particular, the key role of the superconducting technology in two out of the most important international research projects is described, namely the LHC (Large Hadron Collider at CERN, Geneva, Switzerland) and the ITER Project (International Thermonuclear Experimental Reactor Project, Cadarache, France). The applications of superconducting magnets to Magnetic Resonance Imaging (MRI) for medical applications and to magnetic levitation for transportation are also addressed. The sophisticated numerical models developed at the University of Bologna to analyze current distribution, losses in electrodynamic transients and quench in strands and cables for superconducting magnets are briefly described.



Ponente: Ph.D. Marco Breschi
University of Bologna, Italy

17:00 HRS.
1 DE SEPTIMBRE DE 2016

Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth
Edificio 1 del Instituto de Ingeniería, UNAM
• Entrada libre

Informes: Dr. Frederic Trillaud Pighi
FTrillaudP@ingen.unam.mx | 56233600 Ext. 8829

REDES SOCIALES DEL IIUNAM



<https://www.facebook.com/InstitutoIngenieriaUNAM>



<https://twitter.com/IIUNAM>



<https://www.youtube.com/user/IINGENUNAM>



<https://www.linkedin.com/company/instituto-de-ingenier-a-de-la-unam>



<https://www.instagram.com/iiunam>



<https://plus.google.com/102848256908461141106>

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS POR VERÓNICA BENÍTEZ

El 26 de agosto en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth se llevó a cabo un panel con el tema Digestión Anaerobia de residuos sólidos urbanos en el que participaron Sergio Gasca de la Secretaría de Energía (SENER), Clemens Findeisen de la Asociación Alemana de Biogás, Gabriela Baeza de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) y Simón González del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Al término del panel platicamos con Gabriela Baeza de la GIZ. En el marco de su presentación, introdujo el concepto de economía circular, plasmado en la ley que rige el manejo de los residuos en Alemania. La economía circular implica el aprovechamiento de los residuos, tanto de forma energética como material. El programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos (EnRes) trabaja actualmente en introducir estas tecnologías en el país, para las cuales existe un amplio potencial. En promedio, cada habitante de la Ciudad de México produce 1.5 kg de residuos sólidos urbanos. Una gran proporción puede ser reciclada, tal como el plástico, papel y vidrio. La fracción orgánica, es decir, los restos de comida y residuos de jardín, representan aproximadamente 35%, y son particularmente importantes porque de ellos es posible obtener energía si son gestionados adecuadamente. Estos residuos se pueden tratar con procesos aerobios (compostaje) o anaerobios (digestión anaerobia), y de ambos procedimientos se obtienen fertilizantes.

Con la digestión anaerobia los residuos orgánicos son fermentados en un proceso cerrado en un digestor, y de ahí se obtiene biogás, cuyo componente principal es el metano. El biogás puede ser aprovechado como combustible para producir electricidad, e incluso purificado para alcanzar una calidad similar a la del gas natural, y ser utilizado como combustible tanto en los coches como en la cocina. En otras palabras, es un equivalente al gas común.

La Dra. Gabriela Baeza menciona que el desarrollo de proyectos de digestión anaerobia crea conciencia acerca de la importancia de separar los residuos. Además, gracias a este proceso, los gases que se generan pueden ser utilizados como combustible en lugar de contaminar el ambiente, como acontece actualmente en la mayor parte de los rellenos sanitarios en el país. Digamos que es una solución excelente



a un problema que hay que atacar desde varias aristas. Es evidente que para tener un medio ambiente limpio no bastan soluciones tecnológicas, sino que se requiere la participación activa de la ciudadanía, particularmente al minimizar la producción de residuos y separarlos.

Actualmente, existen varias iniciativas gubernamentales en la Ciudad de México para fomentar un manejo adecuado de los residuos; una de ellas es el Mercado del trueque, donde el ciudadano puede intercambiar sus residuos limpios y separados (por ejemplo papel, vidrio, aluminio, PET) por productos locales, como verduras y lácteos. El mercado del trueque* se realiza una vez al mes, en distintos puntos en la ciudad.

La GIZ, Cooperación Alemana al Desarrollo, es un organismo del Gobierno alemán que trabaja para brindar servicios de desarrollo sustentable y de cooperación en más de 137 países. En México la GIZ trabaja desde 1997 asesorando a sus contrapartes gubernamentales especialmente en el tema de energía sustentable, cambio climático y biodiversidad. La GIZ proporciona asesoría técnica en el diseño de estrategias, políticas y leyes, y desarrollo de capacidades en los actores.

Es importante que en nuestro país se fomente la cultura de separación de residuos. Hay que seguir trabajando para crear conciencia en este sentido, y con ello aprovechar el potencial energético de los residuos –concluyó–.

* En esta página se pueden consultar las fechas del mercado de trueque:

<http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/mercadodetrueque/>

<http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/mercadodetrueque/images/stories/calendario2016.pdf>



CIBERBULLYNG

Las tecnologías de la información y comunicación, conocidas como TIC, son tan demandadas en nuestros días que, de acuerdo a la Asociación Mexicana de Internet, más de 65 millones de usuarios mexicanos, es decir, 59% de la población total acceden a internet, 77% lo hace a través de *smartphones* y 79% lo emplea para ingresar a redes sociales. Cabe mencionar que de estos 65 millones, más de un tercio son menores de edad.

Ante la evidente masificación y globalización de la tecnología, los jóvenes desde su nacimiento, van adquiriendo de manera cuasi natural habilidades y destrezas en el uso de las TIC, convirtiéndolos en lo que Marc Prensky (2011) ha denominado *nativos digitales* es decir, individuos que nacen, viven, aprenden y conocen su entorno, apoyándose fundamentalmente de cualquier recurso computacional (teléfono celular, tableta, *notebook* o computadora de escritorio).

Por desgracia, lo anterior ha permitido abrir la puerta a nuevas amenazas (Salmerón, Campillo y Casas, 2013) que vinculan a los niños o jóvenes adolescentes con las TIC, entre las que destacan la pornografía infantil, el *grooming* o abuso sexual de un adulto hacia un niño y el *ciberbullying* o acoso mediante el uso de recursos digitales siendo este último, un problema que en nuestro país, apenas ha cobrado cierto grado de importancia y preocupación.

De acuerdo a Smith (2006) el *ciberbullying* o ciberacoso se define como un “acto agresivo e intencionado llevado a cabo de manera repetida y constante a lo largo del tiempo, mediante formas de contacto electrónicas por parte de un grupo o de un individuo contra una víctima que no puede defenderse fácilmente”. De esta definición, se desprenden algunos elementos fundamentales (Avilés, 2006): el acto agresivo, que si bien no representa un daño físico, provoca un deterioro emocional profundo y en ocasiones permanente; la repetición o acción reiterada de hostigamiento, si no hay repetición, no se considera

ciberbullying; el empleo de recursos electrónicos como mensajes de texto (*sms*, *whatsapp*), correo electrónico o redes sociales (*Facebook*, *Twitter*, *Youtube*, *Instagram*, entre otros); el agresor o acosador, cuya personalidad puede ser tipificada como la de un individuo agresivo, reactivo y fácilmente desafiante; y la víctima, quien se podría caracterizar por ser alguien poco sociable, con baja autoestima y dificultades para comunicarse. Aunque en el *ciberbullying* hay dos actores fundamentales (acosador y acosado), es común la presencia de espectadores quienes también juegan un papel clave tomando partido a favor o en contra de la víctima o bien manteniendo una posición pasiva empero igualmente delicada (Erazo, 2012).



Kowalski, Limber y Agatston (2010) señalan que el *ciberbullying*, a diferencia del *bullying*, tiene características que lo hace potencialmente peligroso: el acosador, que puede ser anónimo, por lo general crea una identidad falsa confundiendo e introduciendo aún más la incertidumbre en su víctima; el acoso, que por desgracia se presenta las 24 horas del día los siete días de la semana, ya que los mensajes, imágenes o videos llegan a la computadora o teléfono celular en cualquier momento y lugar; la distancia, cuyo alcance es casi ilimitado pues se entrelazan los comentarios con cientos o miles de personas que a la larga, podrían intervenir como espectadores o incluso acosadores sin conocer a la víctima; y el tiempo, debido a que una vez enviado el mensaje, su vida en la red será casi permanente.

Por lo general, la detección temprana del ciberacoso es difícil sobre todo si la comunicación entre padres e hijos es defectuosa; sin embargo, Salmerón, Campillo y Casas (2013) enlistan algunas señales que sugieren la presencia de *ciberbullying* en la vida de los jóvenes: manifestación de tristeza y poca motivación para asistir a la escuela, bajo rendimiento académico, ansiedad o irritación continua al consultar su teléfono celular o computadora, revisión frecuente de las redes sociales manifestando cambios repentinos de ánimo, así como somatización del evento. Ante situaciones extremas, los jóvenes llegan a sufrir altos niveles de estrés y ansiedad, tristeza profunda, disminución severa de su autoestima, poca motivación (Velázquez, 2006) e incluso en algunos casos, cometen suicidio (García, Moncada y Quintero, 2013).

Así pues, una de las mejores armas para evitar el ciberacoso es la prevención. Garaigordobil (2011) afirma que tanto los padres de familia como las comunidades educativas, tienen la responsabilidad de fomentar las buenas prácticas de convivencia y tolerancia entre hijos y estudiantes respectivamente; educar para dar respuestas pertinentes ante posibles situaciones de acoso; mantener abiertos los canales de comunicación que permitan a las víctimas acercarse con las autoridades; y desarrollar protocolos de actuación donde se detallan acciones para detectar y enfrentar la presencia de esta amenaza.

El *ciberbullying* no es un juego, es un problema complejo y muy delicado que afecta la sana convivencia de nuestros jóvenes y que al no tomarlo con la debida seriedad y cuidado, los daños directos y colaterales producirán a corto plazo la potencial destrucción de vidas dejando heridas profundas en sus conciencias. |

Referencias

1. AMIPCI(2016). "12º estudio sobre los hábitos de los usuarios de internet en México 2016". Asociación Mexicana de Internet. Tomado de: https://www.amipci.org.mx/images/Estudio_Habitosdel_Usuario_2016.pdf
2. Avilés, J. (2006). "Bullying. El maltrato entre iguales. Agresores, víctimas y testigos en la escuela". Salamanca: Amarú.
3. Avilés, J. (2012). "Manual contra el bullying. Guía para el profesorado [Handbook against bullying. Guide for teachers]". Lima: Libro Amigo.
4. Erazo, O. (2012). "La intimidación escolar, actores y características". Revista vanguardia psicológica. Tomado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4815149.pdf>
5. Garaigordobil, M. (2011). "Prevalencia y consecuencias del cyberbullying: una revisión". International Journal of Psychology and Psychological Therapy, 11 (2), 233-254
6. García Peña, J. J., Moncada Ortiz, R. M. y Quintero Gil, J. (julio-diciembre, 2013). "El bullying y el suicidio en el escenario universitario". Revista Colombiana de Ciencias Sociales, 4(2), 298-310
7. Kowalski R, Limber S y Agatston P (2010). "Cyber Bullying: el acoso escolar en la era digital". Bilbao: Desclée de Brower. (original publicado en 2008)
8. Prensky, M. (2011). "Enseñar a nativos digitales", Ed. SM
9. Salmerón, M., Campillo, F. Casas, J. (2013). "Acoso a través de Internet". Pediatría Integral, XVII, Tomado de: <http://adolescenciasema.org/usuario/documentos/Acoso%20atraves%20de%20internet.pdf>
10. SMITH, P.K. (2006). "Ciberacoso: naturaleza y extensión de un nuevo tipo de acoso dentro y fuera de la escuela". Congreso Educación Palma de Mallorca. España.
11. Velázquez, L. (2006). "Experiencias estudiantiles con la violencia en la escuela". Revista Mexicana de Investigación Educativa, 10, (026) 739-764



ELIANA ISABEL TORO HUERTAS

GANADORA DE LA BECA AIDIS-IIUNAM



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

Eliana Isabel Toro Huertas, ingeniera ambiental egresada de la Universidad Manuela Beltrán de la ciudad de Bogotá, Colombia, obtuvo la beca Horst Otterstetter en Ingeniería Ambiental que otorga el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, a distinguidos profesionales jóvenes de la ingeniería ambiental del continente Americano para realizar una estancia académica con un prestigiado grupo de investigadores.

En mi caso –comenta Eliana- colaboré en el desarrollo de un proyecto de purificación de biogás usando microalgas, donde mi tarea específica fue evaluar el efecto de la radiación solar fotosintéticamente activa sobre el funcionamiento de un fotobiorreactor empleado para la remoción de H_2S (Sulfuro de hidrogeno) y CO_2 (Dióxido de carbono) contenidos en el biogás crudo, bajo la tutoría del Dr. Armando González Sánchez, investigador de la coordinación de Ingeniería Ambiental del IIUNAM.

Dentro de las actividades que realicé en el Instituto está, además, la presentación de la conferencia: *Purificación de Biogás Empleando Microalgas. Efecto de la radiación solar fotosintéticamente activa*, tema que en octubre voy a exponer en un congreso nacional.

En relación a la investigación en la que estuvo participando, la ingeniera Eliana expresó que: uno de los mayores problemas que tenemos actualmente es la dependencia de los combustibles fósiles para la obtención de energía; debido a que el consumo se incrementa cada año, agotando los recursos naturales; por lo que en un lapso relativamente corto es probable que no se logre abastecer la demanda energética de la población mundial. En respuesta a este problema se han implementado energías alternativas; una de las opciones de mayor expansión hoy en día es la obtención de energía a partir del biogás proveniente de la digestión anaerobia. No obstante, es necesario purificar el biogás crudo debido a que su composición presenta compuestos no deseados que generan efectos negativos a la salud humana y al medio ambiente. El presente estudio plantea un sistema de purificación de biogás mediante un consorcio de microalgas-bacterias dentro de un fotobiorreactor conectado a una columna de absorción operada a condiciones ambientales reales para la remoción de CO_2 y H_2S presentes en el biogás. Se realizó un estudio a nivel experimental de un fotobiorreactor de escala semi-piloto, por tres meses, con la finalidad de cuantificar y correlacionar parámetros fisicoquímicos y biológicos, que permitieron evaluar el funcionamiento del sistema. Los resultados mostraron que las variaciones en los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el fotobiorreactor están directamente relacionadas con la disponibilidad adecuada de radiación solar fotosintéticamente activa. Se evidenciaron eficiencias promedio de eliminación de 99% para el H_2S y de 87% para el CO_2 durante toda la experimentación.

A pesar de que no había pensado venir a estudiar a México, cuando vi la convocatoria a principios de año, y bajo el apoyo de la ingeniera Jenny Marelbi Alarcón Parra, directora de programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Manuela Beltrán, decidí llenar la solicitud porque siempre he pensado que es importante aprovechar este tipo de oportunidades, que nos permite crecer profesionalmente.

Considero que una estancia de investigación en el Instituto de Ingeniería de la UNAM es una de las mejores oportunidades que se puede encontrar en el ámbito académico, debido a que es una universidad de prestigio a nivel investigación ya que está integrado por excelentes investigadores y sus laboratorios facilitan el desarrollo de proyectos. Desde mi punto de vista, esta estancia gracias a la Beca AIDIS - IIUNAM cambió mi vida a nivel personal, académico, profesional y cultural, ya que nos motiva a trabajar más para sobresalir y encontrar nuevos desafíos de manera global, al permitir desarrollar habilidades e incrementar nuestro conocimiento para adquirir un mejor perfil profesional. No obstante, es de gran importancia mantener una buena relación entre países ya que se puede aprender de cada uno, mediante intercambio de ideas y experiencias.

Mi estancia en la Ciudad de México ha sido muy agradable, debido a que en estos seis meses me ha llamado la atención la hospitalidad de los mexicanos hacia los extranjeros, dado que son personas muy amables y siempre están dispuestas a brindarte apoyo en cualquier circunstancia. Asimismo, me ha parecido interesante el nivel de cultura y patriotismo que tienen, ya que se refleja en la cantidad de museos y áreas culturales que hay en la ciudad. Por otro lado, me gustó la forma en que celebran las fiestas patrias, ya que logré evidenciar que desde pequeños les inculcan ese amor por el país. Además, tuve la suerte de vivir en Coyoacán que es una zona muy tranquila y con muchas áreas verdes.