

GACETA

**DEL INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

**UNIDAD
ACADÉMICA
JURIQUILLA**

Tecnología novedosa
para el tratamiento
de aguas residuales

Tratamiento biológico
de efluentes gaseosos

Control de bioprocesos

Generación de productos
de valor agregado a partir
de residuos orgánicos

Unidad Académica Juriquilla, Querétaro, México



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM®**

NÚMERO 124, MARZO-ABRIL 2017

ISSN 1870-347X

Este número de la Gaceta del Instituto de Ingeniería está dedicado a presentar a la Unidad Académica Juriquilla, ubicada en el campus UNAM Juriquilla en la Ciudad de Santiago de Querétaro, así como los temas y líneas de investigación cultivadas por el grupo de trabajo del Laboratorio de Investigación en Procesos Avanzados de Tratamiento de Aguas.

El objetivo del grupo de investigación de la Unidad Académica Juriquilla es estudiar, concebir y desarrollar procesos eficaces para el tratamiento de aguas, la obtención de biocombustibles y la obtención de productos de valor agregado a partir de residuos. También dentro de sus objetivos están la vinculación con los sectores público y privado, la difusión del conocimiento generado y la formación de recursos humanos altamente especializados en el ramo. El personal académico trabaja con un enfoque multidisciplinario donde los bioprocesos son el eje central con tres disciplinas que interactúan para estudiarlos de forma integral: 1) la ingeniería de procesos; 2) la teoría de sistemas y control; y 3) la ecología microbiana. El fomentar el trabajo en grupo ha redundado en una muy alta productividad académica, un reconocido prestigio nacional e internacional, y la vinculación a través de la obtención de importantes proyectos de investigación y apoyo al sector industrial. Además, el personal académico de la Unidad Académica Juriquilla participa activamente en el Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Ambiental, donde sus egresados han sido reconocidos con numerosos premios y distinciones. Por último, y no por ello menos importante, será la participación de la Unidad Académica en la Escuela Nacional de Estudios Superiores Juriquilla, donde el grupo será el responsable de liderar académicamente la Licenciatura en Ingeniería en Energías Renovables. Sin duda, estas formas de trabajo marcan nuevos paradigmas enfocados hacia el futuro del Instituto de Ingeniería y de la UNAM.

Germán Buitrón Méndez

Jefe de la Unidad Académica Juriquilla

Subdirector de Unidades Académicas Foráneas

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. Efraín Ovando Shelley

Subdirector de Hidráulica y Ambiental
Dr. Moisés Berezowsky Verduzco

Subdirector de Electromecánica
Dr. Arturo Palacio Pérez

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
Lic. Verónica Benítez Escudero
Natalia Cristel Gómez Cabral
Lic. Joel Santamaría García

Fotografía de portada
Unidad Académica Juriquilla, Germán Buitrón

Diseño
Sandra Lozano Bolaños

Corrección de estilo
Gabriel Sánchez Domínguez

Impresión
Grupo Espinosa

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 Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México, México. Tel. 5623 3615.



UNIDAD ACADÉMICA JURIQUELLA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

La Unidad Académica Juriquilla (UAJ) del IIUNAM inició su operación en 2007 no sólo en apoyo a la descentralización universitaria, también para fomentar la investigación enfocada a tratar el agua con fines de reúso, como una de las alternativas para atender los problemas derivados por el déficit de agua que no son exclusivos de esta región y que son una realidad a nivel mundial.

La UAJ actualmente pertenece a la Subdirección de Unidades Académicas Foráneas, pero el grupo de investigación fundador tiene sus orígenes en las Coordinaciones de Ingeniería Ambiental y de Bioprocesos Ambientales de la Subdirección de Hidráulica y Ambiental.

La UAJ cuenta con 1500 m² de edificios, de los cuales 650 corresponden a laboratorios perfectamente equipados para desarrollar estudios sobre microbiología y biología molecular, pilotos, fisicoquímica, análisis instrumental, microscopía y electrónica. A diez años de su creación, la UAJ cuenta con cuatro investigadores, un investigador catedrático CONACyT y dos técnicos académicos. Todos sus investigadores pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), uno es nivel 3, dos nivel 2 y dos nivel 1. Participan además cerca de treinta estudiantes de los niveles de posdoctorado, doctorado, maestría y licenciatura. Los posdoctorantes también pertenecen al SNI, tres son nivel 1 y uno es candidato. Existe una fuerte colaboración académica con universidades nacionales e internacionales, así como con la Universidad Autónoma de Querétaro. El grupo tiene una productividad promedio sostenida de más de cuatro artículos indizados ISI-JCR por investigador al año, una de las más altas del Instituto por coordinación.

Las líneas de investigación actuales son:

- Tratamiento biológico de aguas residuales de la industria química, textil y agroindustria.
- Uso de microalgas para tratamiento de aguas residuales.
- Obtención de productos de valor agregado (biorrefinería) a partir de las aguas residuales municipales e industriales (metano, hidrógeno, bioelectricidad, bioplásticos, biofertilizantes).
- Modelación matemática de la dinámica de bioprocesos.
- Control automático de procesos ambientales.
- Instrumentación para biorreactores.
- Desulfuración de biogás, eliminación de siloxanos, de aminas, de escatoles, y olores.
- Servicios especializados de apoyo a empresas.

Los proyectos que se llevan a cabo en la UAJ reciben patrocinio por parte del sector público y privado nacional, así como colaboraciones internacionales. Por citar algunos ejemplos se tiene al Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía (CEMIE-Bio), patrocinado por el Fondo SENER-CONACyT (Clúster Biocombustibles Gaseosos y Clúster Biocombustibles Líquidos para el Transporte), la Unión Europea, el SENER-Banco Interamericano de Desarrollo, la UNAM, la Arizona State University, el CONACyT Ciencia Básica, el Gobierno del Estado de Querétaro, la DGAPA-UNAM, y el CYTED. |

Mayor información sobre la Unidad Académica Juriquilla:

Sitio Web: <http://sitios.iingen.unam.mx/LIPATA>

Blog: <http://lipata-iingen.blogspot.mx>

Facebook: Unidad Académica Juriquilla II UNAM

Twitter: @uaj_ii_UNAM

Germán Buitrón Méndez
Jefe de la Unidad Académica Juriquilla



Figura 1. Reactores piloto de alta tasa (1m^3) operados con el sistema microalga-bacteria instalados en el exterior de la UAJ

TECNOLOGÍAS NOVEDOSAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

GERMÁN BUITRÓN, IVÁN MORENO ANDRADE,
GLORIA MORENO, JAIME PÉREZ

Desde su fundación, la Unidad Académica Juriquilla (UAJ) ha tenido como eje central la investigación para el tratamiento de aguas residuales incluyendo aguas municipales e industriales. Los efluentes industriales (industria química, farmacéutica y textil), poseen características inhibitorias para los microorganismos presentes en los sistemas biológicos. En la UAJ se ha trabajado en el desarrollo de procesos y tecnologías eficientes empleando principalmente sistemas biológicos, aplicando soluciones holísticas por medio del estudio de varias áreas de la ingeniería ambiental incluyendo aspectos de bioprocesos, la teoría de sistemas y la microbiología.

Las investigaciones llevadas a cabo nos han permitido generar conocimiento para aplicarlo a la solución de problemas presentes en el arranque y la operación de plantas de tratamiento. En este sentido, se ha generado la suficiente experiencia para llevar a cabo procedimientos para la aclimatación de microorganismos aerobios a efluentes recalitrantes.¹ Los resultados se han aplicado a problemas reales para tratar aguas residuales de la industria química con alto contenido de fenoles y aminas, por ejemplo.

Al aplicar el control de bioprocesos, en estrecha colaboración con el Dr. Jaime Moreno,² se desarrollaron estrategias para mantener altas velocidades de degradación de compuestos inhibitorios (fenoles) en reactores

discontinuos secuenciales o SBR (Sequencing Batch Reactor). Con esta estrategia se logró que los microorganismos aerobios aclimatados se mantuvieran por debajo del nivel inhibitorio. El proceso se basa en el seguimiento en línea de la concentración de los contaminantes dentro del reactor y la regulación del flujo de entrada a la planta. Esta tecnología escaló de nivel laboratorio a planta piloto y fue financiada por la Unión Europea. También en esta área colaboramos en dos proyectos de redes, uno con la Unión Europea a través de los fondos Marie Curie, y otro con Iberoamérica a través de CYTED.

En 2014 el proceso de tratamiento de aguas por lodos activados cumplió cien años de su invención por Arden y Lockett. Actualmente, por mucho, es el proceso biológico más utilizado en México y el mundo. No es hasta después de la Segunda Guerra Mundial que el proceso se masifica industrialmente. Desde hace cincuenta años el principio de esta tecnología no ha sufrido mayores cambios, hasta la llegada de las membranas y los reactores granulares más recientemente.

En el proceso tradicional los microorganismos se agrupan formando flóculos. Los flóculos son más densos que las bacterias libres, y por ende, sedimentan más fácilmente. Cuando los flóculos no se forman o se dispersan, el proceso no funciona. También en situaciones particulares, las bacterias crecen en cadena formando filamentos, como cabellos, que ocupan gran volumen en el tanque sedimentador. Este es un problema que se llama crecimiento filamentos, ocasiona que las plantas de tratamiento no funcionen adecuadamente, pues al no sedimentar la biomasa, ésta se pierde, aumentando el contenido de sólidos en el agua tratada.

Un hito importante en la industria del tratamiento de aguas fue la aplicación de procesos con membranas para solventar el problema anteriormente descrito. En nuestro

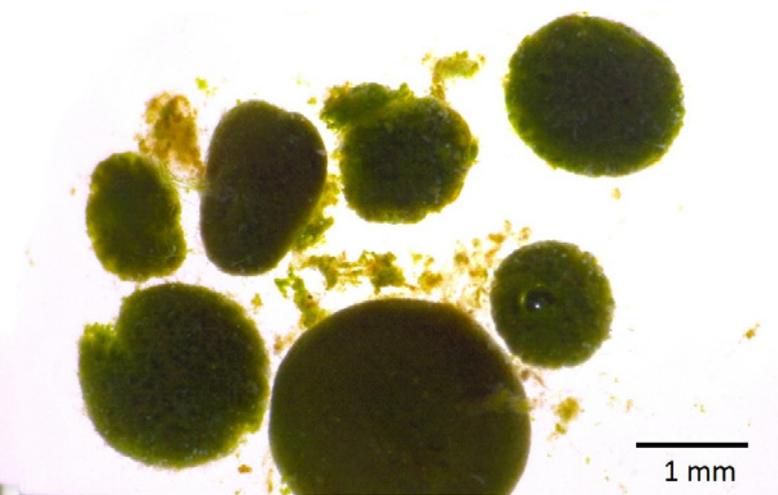


Figura 2. Gránulos microalga-bacteria desarrollados por el sistema depurador de aguas residuales municipales y de muy fácil separación del agua

grupo se desarrollaron procesos con membranas para retener la biomasa y producir agua tratada con menor contenido de sólidos. En particular, se desarrollaron estrategias de control para hacer que las membranas se colmaten lentamente, y para mantener microorganismos capaces de degradar contaminantes emergentes.³⁻⁴ El entendimiento de los mecanismos del ensuciamiento de las membranas permitió proponer soluciones originales a empresas que emplean el proceso de membranas con una producción excesiva de espuma en el proceso.

Debido al problema que representa el ensuciamiento de las membranas, se desarrollaron procesos alternativos más económicos y eficientes para la separación de sólidos. En dichos procesos las bacterias se agrupan creando gránulos, en lugar de producir flóculos. Estos gránulos son más densos que los flóculos, por tanto, se separan mejor del agua tratada.⁵⁻⁷ Para formar dichos gránulos se debe someter a las bacterias a un estrés que induzca una presión de selección. Cuando las bacterias están frente a condiciones adversas generan un pegamento llamado exopolímeros. Estos exopolímeros son los responsables de la formación de gránulos densos. El desarrollo de la tecnología con gránulos se basa en la inducción de las bacterias para formar exopolímeros a través del cambio de las condiciones hidrodinámicas en el reactor biológico. Los gránulos pueden llegar a medir hasta 5 milímetros, en contraste

con unas cuantas micras que miden los flóculos. El incremento de tamaño incrementa su velocidad de sedimentación, por tanto, se obtiene mejor separación de la biomasa del agua.

Desde hace varios años se ha trabajado con la aplicación de la tecnología de microalgas.⁸⁻⁹ El uso de microalgas se ha asociado a la producción de biodiesel. Sin embargo, es posible generar otros productos de valor agregado a partir de esta biomasa, lo que ha facilitado el desarrollo de una plataforma de biorrefinería basada en estos microorganismos. La utilización de las microalgas para el tratamiento de aguas residuales fue planteada hace ya más de cinco décadas en la Universidad de California, sobre todo como un pulimento del agua tratada para remover nutrientes como nitrógeno y fósforo. En aquellos primeros sistemas, conocidos como lagunas de oxidación, las microalgas crecen en la superficie de agua mientras que las bacterias anaerobias (que no necesitan oxígeno) se reproducen en el fondo de la laguna. Este tipo de lagunas se sigue usando en Latinoamérica ampliamente. En México las lagunas de oxidación ocupan el segundo lugar como tecnología de tratamiento de aguas, después de los lodos activados.



Figura 3. Gránulos bacterianos desarrollados para producir hidrógeno a partir de aguas residuales

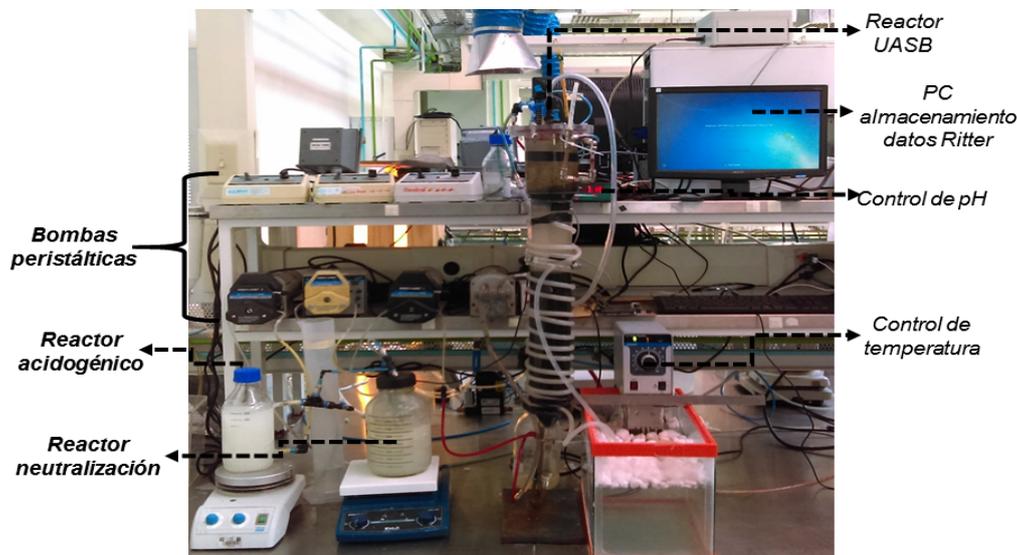


Figura 4. Montaje experimental del laboratorio para el tratamiento de aguas de una industria de quesos y obtención de metano

Recientemente, se ha estudiado una variante de esta tecnología que presenta ventajas sobre las lagunas tradicionales. Estos nuevos sistemas se denominan lagunas microalgales de alta tasa y en ellos existe una simbiosis microalga-bacteria, que llevan a cabo la remoción de la materia orgánica a velocidades significativamente mayores que en los sistemas lagunares convencionales. Esta ventaja, reduce el área necesaria para llevar a cabo el tratamiento de aguas. Además, en las lagunas de alta tasa es posible tratar el agua residual para remover tanto la materia orgánica como los nutrientes (nitrógeno y fósforo). Todo está basado en la interacción simbiótica microalga-bacteria. En esta asociación las microalgas facilitan el crecimiento bacteriano pues generan fotosintéticamente el oxígeno necesario por las bacterias aerobias. A su vez las bacterias consumen la materia orgánica y generan el bióxido de carbono necesario para el crecimiento de las microalgas. El nitrógeno y el fósforo son removidos del agua residual por las microalgas que utilizan también estos nutrientes para su crecimiento.

En los procesos de tratamiento de aguas por métodos biológicos, es de suma importancia separar los microorganismos del agua tratada. Cuando en el sistema se utilizan únicamente microalgas, su separación es extremadamente complicada porque se encuentran dispersas en el agua. Otra ventaja por el uso de una combinación de microalgas y bacterias es que estas últimas generan exopolímeros que forman partículas de hasta 5 milímetros que se separan fácilmente por sedimentación del agua residual, al igual que los gránulos anteriormente descritos.

La factibilidad del uso de microalgas y bacterias para tratar aguas residuales es evaluada en nuestro grupo de investigación

gracias al patrocinio de proyectos como fondo mixto entre el Gobierno de Querétaro-CONACYT, la Secretaría de Energía, la Universidad Estatal de Arizona, y la DGAPA-UNAM. Con el proceso mencionado y aplicado al caso de las aguas residuales municipales se logró remover hasta 96% de la contaminación, tanto de materia orgánica como de nutrientes. Se evaluaron también aguas residuales generadas en las granjas porcícolas y los digestatos de reactores metanogénicos. Por otro lado, con la biomasa microalga-bacteria generada, es posible obtener metano a partir de su digestión o productos de valor agregado como fertilizantes, ya que contienen el nitrógeno y fósforo previamente removido del agua residual, o producir biocombustibles como el hidrógeno y metano.⁹⁻¹⁰

¹ Moreno, G; Buitrón, G (2004). *Biores. Technol.* 94 (2), 215-218.

² Moreno, J; Buitrón, G; Betancur, M (2010). Patente mexicana No. 273556.

³ Vargas, A; Moreno-Andrade, I; Buitrón, G (2008). *J. Membrane Sci.*, 320 (1-2): 185-190.

⁴ Buitrón, G; Torres-Bojorges, A X; Cea-Barcia, G (2015). *Chem. Eng. J.*, 281, 860-868.

⁵ Arellano-Badillo, V M; Moreno-Andrade, I; Buitrón, G (2014). *CLEAN - Soil, Air, Water*, 42, 429-433.

⁶ Vital-Jacome, M; Buitrón, G; Moreno-Andrade, I; Garcia-Rea, V; Thalasso, F (2016). *J. Haz. Mat.*, 313, 112-121.

⁷ Buitrón, G; Moreno-Andrade, I; Arellano-Badillo, V M; Ramírez-Amaya, V (2014). *Wat. Sci. Technol.*, 69, 1759-1767.

⁸ Arcila, J S; Buitrón, G (2016). *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 91, 2862-2870

⁹ Carrillo-Reyes, J; Buitrón, G (2016). *Biores. Technol.* 221, 324-330.

¹⁰ Carrillo-Reyes, J; Barragán-Trinidad, M; Buitrón, G. (2016). *Algal Res.*, 18, 341-351.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES GASEOSOS

GUILLERMO QUIJANO GOVANTES, GLORIA MORENO, JAIME PÉREZ

En esta línea de investigación se desarrollan sistemas biológicos compactos y altamente eficientes para la eliminación de contaminantes gaseosos. La línea se divide en tres ejes principales, los cuales se enfocan al tratamiento de contaminantes gaseosos con características bien definidas que requieren sistemas de tratamiento especializado. Es importante mencionar que el LIPATA tiene una amplia capacidad analítica para la medición de contaminantes gaseosos, incluyendo cromatógrafos de gases con detectores de ionización de llama, conductividad térmica y espectrometría de masas.

Tratamiento de Efluentes Gaseosos



Figura 1. Ejes de la línea de investigación sobre Tratamiento de Efluentes Gaseosos donde se presentan los intervalos de concentraciones típicas de los contaminantes



Figura 2. Equipos de cromatografía de gases para el análisis de los contaminantes en fase gaseosa

El primer eje de investigación está enfocado al tratamiento de compuestos orgánicos volátiles (VOC) que incluye toda una gama de solventes industriales. Para este tipo de emisiones, se diseñan y optimizan biofiltros, biofiltros percoladores, biolavadores y sistemas de difusión de lodos activos. En función de las características de solubilidad de los VOC, los sistemas de tratamiento pueden implementarse con una fase orgánica para mejorar la eficiencia del tratamiento y la robustez del biorreactor ante variaciones de carga. Los sistemas multifásicos que se desarrollan en la Unidad Académica Juriquilla son tanto de primera como de segunda generación (1G- y 2G-TPPBs).

El segundo eje está enfocado al tratamiento de emisiones odoríferas. Los malos olores son producidos principalmente por ácido sulfhídrico (H_2S), ácidos grasos volátiles, VOC, así como compuestos azufrados y nitrogenados. Las emisiones

odoríferas pueden generar importantes pérdidas económicas, ya que las zonas residenciales cercanas a focos de emisión pueden perder hasta 15% de su valor. La exposición prolongada a malos olores provoca náuseas, dolor de cabeza agudo, insomnio, pérdida de apetito y problemas respiratorios. Los sistemas de tratamiento se diseñan para tratar altos flujos de aire con bajas concentraciones de contaminantes de diversa naturaleza química.

El tercer eje se enfoca a la purificación y enriquecimiento del biogás. Se desarrollan tecnologías de desulfuración avanzadas que, además de eliminar el H_2S , tienen etapas de recuperación y valorización del H_2S eliminado en forma de azufre elemental (S^0). Los sistemas de desulfuración se diseñan para evitar la dilución del biogás y para eliminar de forma robusta y eficiente altas cargas de H_2S , como es el caso del biogás proveniente de vertederos y de vinazas con alta carga de azufre. |

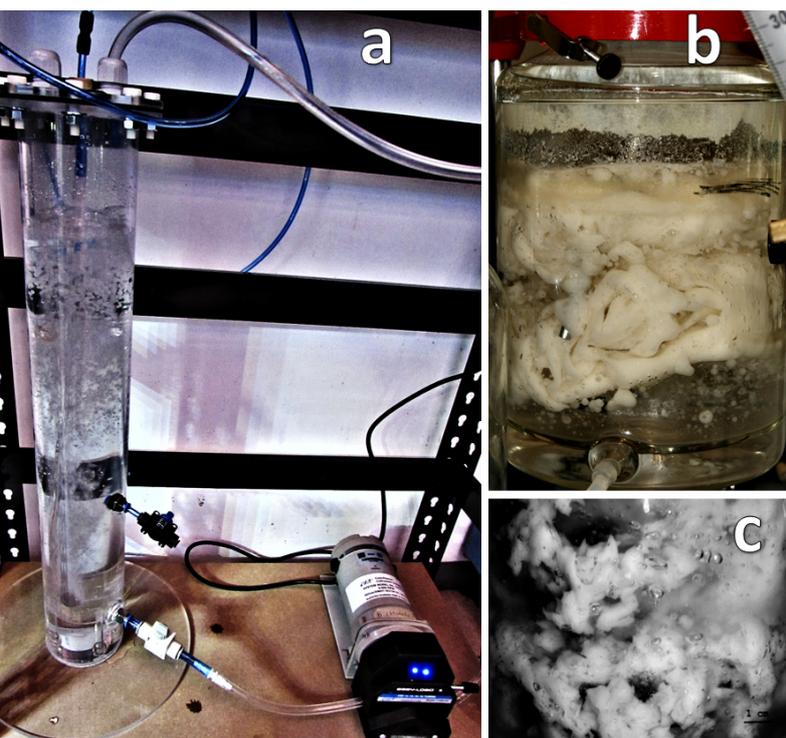


Figura 3. Sistemas de tratamiento de efluentes gaseosos: a) módulo de oxidación controlada de H_2S de un sistema de desulfuración en dos etapas; b) sistema multifásico de segunda generación para la eliminación de VOC; y c) detalles de aceite de silicón colonizado con bacterias hidrofóbicas degradadoras de hexano.

Bibliografía recomendada sobre esta línea de investigación

1. Quijano, G; Miguel-Romera, J A; Bonilla-Morte, L M; Figueroa-Gonzalez, I (2017). Two-phase partitioning bioreactors for treatment of volatile hydrocarbons, en: Biodegradation and Bioconversion of Hydrocarbons. Springer, pp. 225-258. ISBN: 978-981-10-0199-4.
2. Muñoz, R; Malhautier, L; Fanlo, J L; Quijano, G (2015). Biological technologies for the treatment of atmospheric pollutants. International Journal of Environmental Analytical Chemistry 95:1-18.
3. López, J C; Quijano, G; Souza, T S O; Estrada, J M; Lebrero, R; Muñoz, R (2013). Biotechnologies for greenhouse gases (CH_4 , N_2O , and CO_2) abatement: state of the art and challenges. Applied Microbiology and Biotechnology 97:2277-2303.
4. Muñoz, R; Daugulis, A J; Hernandez, M; Quijano, G (2012). Recent advances in two-phase partitioning bioreactors for the treatment of volatile organic compounds. Biotechnology Advances 30:1707-1720.



CONTROL DE BIOPROCESOS

ALEJANDRO VARGAS CASILLAS,
GLORIA MORENO, JAIME PÉREZ

El control automático está presente en mucha de la tecnología actual y los bioprocesos no son la excepción, incipiente, pero con mucho potencial para lograr desarrollos importantes. Esta es una frase que requiere explicación. En términos prácticos, el control automático es la disciplina de la ingeniería (y quizá también de las matemáticas) que se encarga de lograr que un sistema (desde un avión o barco hasta una pequeña parte de un teléfono celular) se comporte como lo desea el usuario a pesar de todas las perturbaciones e incertidumbres a las que está expuesto, casi sin intervención humana.

En la Unidad Académica Juriquilla del Instituto de Ingeniería trabajamos con bioprocesos. Estos son sistemas biológicos, por ejemplo, los biorreactores, donde microorganismos especializados transforman residuos como el agua residual o la mal llamada basura orgánica en productos de valor agregado; o bien, simplemente remueven los compuestos contaminantes. Desde el punto de vista del control automático, éste es un sistema dinámico (porque las relaciones causa-efecto no son inmediatas) que tiene entradas y salidas, siendo las primeras aquellas variables que podemos manipular o que influyen en el comportamiento del sistema (las causas), y las segundas, las variables que podemos medir o que nos interesa que tengan un comportamiento deseado (los efectos).

Por ejemplo, en un biorreactor que empleamos para producir biogás a partir de agua residual, una variable de entrada manipulable es el caudal de entrada, y una variable de entrada no manipulable (una perturbación) es la concentración y composición de lo que está entrando al reactor. En cambio, una variable de salida mensurable es el caudal de metano generado, mientras que una variable de salida de interés que no podemos medir fácilmente es la concentración del contaminante en el agua tratada.

Además de estas variables existen otras que no son consideradas ni de entrada ni de salida, pero que sí influyen en la dinámica del proceso. En el biorreactor anterior, un ejemplo son las concentraciones de los diversos microorganismos presentes en el reactor o las concentraciones de los compuestos disueltos en el agua que está siendo tratada.

El control automático se emplea con relativa frecuencia en mucha de la tecnología cotidiana: para regular la velocidad de lectura de un disco duro o para mantener una corriente eléctrica en un circuito de un teléfono inteligente, entre muchos otros ejemplos. Sin embargo, no es tan común emplearlo en bioprocesos, especialmente en aquellos que se usan para tratamiento de residuos. Hay varias razones para ello, pero tres importantes son: la dificultad para hallar modelos matemáticos precisos debido a la incertidumbre de los procesos biológicos (y el desconocimiento que aún tenemos de ellos); no se cuenta con sensores rápidos y confiables para medir algunas variables de interés; y no se puede manipular muchas variables del proceso.

A pesar de estas dificultades, se ha demostrado tanto teórica como experimentalmente que es posible incrementar el desempeño y confiabilidad de este tipo de procesos si se usa

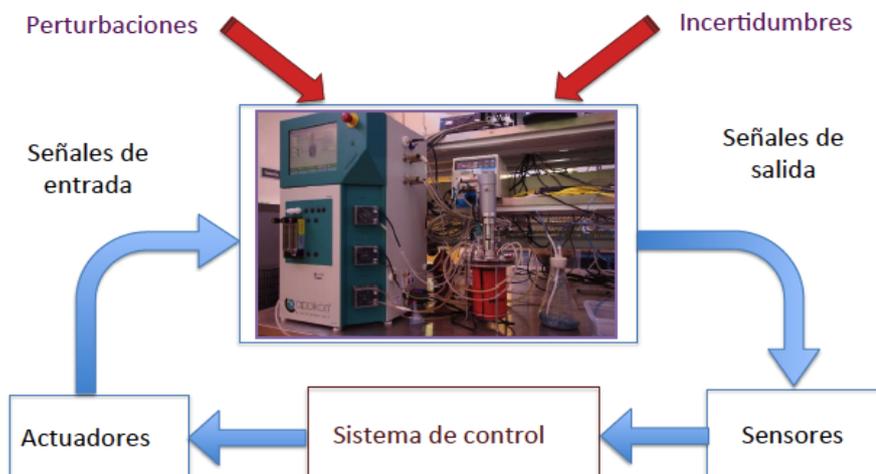


Figura 1. Ilustración de un sistema retroalimentado: un fermentador oscuro empleado para tratar agua residual y producir hidrógeno es sujeto a entradas controladas y perturbaciones, pero hay salidas que pueden medirse mediante sensores; con ellas un controlador decide de forma automática cómo manipular las entradas para maximizar la producción de hidrógeno. El modelo matemático empleado está sujeto a incertidumbres. La fotografía es del biorreactor empleado en el laboratorio para las pruebas experimentales de producción de hidrógeno a partir de agua residual

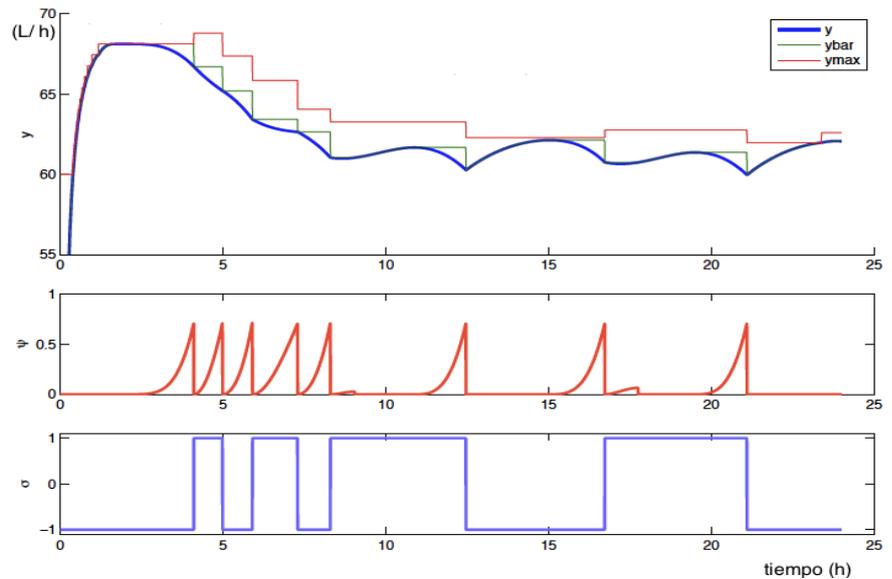
control automático. Esto es: se diseña e implementa un dispositivo (generalmente programado en una computadora) que, midiendo las salidas, manipula de forma automática algunas entradas para que todas las variables de interés se comporten como uno desea. En la Unidad Académica Juriquilla del IIUNAM trabajamos esta línea de investigación, desde el modelado matemático de la dinámica de los bioprocesos, hasta la implementación práctica de controladores en biorreactores de laboratorio a mayor escala, pasando también por algo de instrumentación para estos sistemas.

La investigación que se hace es de vanguardia, pues son pocos los grupos a nivel internacional que, como nosotros, reúnen especialistas en control automático para trabajar

directamente con especialistas en procesos biológicos. De esta manera, algunas de nuestras investigaciones con logros importantes recientes han sido: la optimización de procesos de tratamiento de efluentes tóxicos; la maximización y estabilización de la producción de biogás (metano o hidrógeno) con sistemas anaerobios; un control adecuado del filtrado en sistemas con membranas sumergidas para retrasar su colmatación; y la mejora sustancial en la producción de biopolímeros a partir de residuos, entre otros.

No cabe duda que este tipo de investigación multidisciplinaria redundará en logros importantes y ha posicionado al Instituto de Ingeniería como referente mundial en la investigación de este tipo de biosistemas. |

Figura 2. Simulación del biorreactor con un controlador que maximiza la tasa de producción de biogás. El controlador decide cuándo alternar entre dos caudales de la bomba de entrada de agua residual (señales de abajo), con base en la lectura del caudal de hidrógeno generado. La tasa máxima depende de la concentración del sustrato en el influente, por tanto, también es cambiante, pero el controlador se adapta



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>

En la Unidad se han evaluado aguas residuales provenientes de procesos agroindustriales como las vinazas generadas en la producción de vino, tequila y mezcal, así como el suero de leche que proviene de la producción de queso.^{5,6}

Las aguas residuales municipales con baja carga orgánica también se utilizan en dos líneas de investigación: directamente en procesos bioelectroquímicos para la generación de energía, o bien para la obtención de biomasa microalgal donde se tiene un beneficio extra al fijar CO₂ atmosférico. En esta última línea de investigación, el grupo de investigación es pionero en el desarrollo de sistemas de producción de biomasa microalgal con altas velocidades de sedimentabilidad (> 8m/h), gracias a la formación de aglomerados bacteria-microalga y su posterior transformación a biocombustibles gaseosos.^{7,8}

En México, la biomasa lignocelulósica residual proveniente de actividades agrícolas y agroindustriales; tiene un potencial estimado de más de 150 millones de toneladas de materia seca.⁹ La Unidad desarrolla biorrefinerías de residuos lignocelulósicos a partir de rastrojos de cereales, así como de bagazos de agave y caña de azúcar. Las líneas de investigación incluyen estudios de campo para caracterizar estos sustratos, determinar su disponibilidad, así como conocer los impactos ambientales que genera su producción.

En el laboratorio, el grupo estudia pretratamientos para la recuperación de azúcares para su posterior fermentación. Se busca maximizar los rendimientos, reducir la formación de subproductos inhibidores de fermentación, e incrementar la eficiencia energética.

Los Productos

Los tres principales sustratos descritos anteriormente entran en distintos esquemas de biorrefinerías de residuos obteniendo los siguientes productos: electricidad, biocombustibles gaseosos y líquidos, bioplásticos, y biofertilizantes.

Electricidad

Las celdas de combustible microbiano son dispositivos que convierten un sustrato orgánico directamente en electricidad mediante la acción de bacterias electroactivas. El avance logrado en esta línea de investigación se centra en el estudio de dispositivos de bajo costo¹⁰ y la utilización de sustratos no estériles gracias a consorcios electroactivos integrados por *Pseudomonas*, *Geobacter* y *Shewanella*. Hasta ahora, las densidades de corriente obtenidas oscilan entre 60 y casi 300 mA/m².

Biocombustibles gaseosos

El área de investigación consolidada en la UAJ concierne a la producción biológica de hidrógeno y metano, ambos biocombustibles de naturaleza gaseosa. El hidrógeno es un vector energético con cero emisiones que se usa en celdas electroquímicas para impulsar vehículos y dispositivos eléctricos. Mientras que el metano se utiliza directamente en motores de combustión interna para generar calor, vapor o electricidad, o bien, para ser inyectado en la red de gas natural.

La producción de H₂ por vía biológica tiene tres principales rutas: fermentación oscura, fotofermentación y celdas de electrólisis microbianas. La fermentación oscura mediada por microorganismos anaerobios presenta las mayores velocidades de producción de H₂ (hasta 1L H₂/Lh) al soportar altas cargas orgánicas. El aporte de la Unidad se centra en el desarrollo de sistemas en dos etapas para la co-producción de H₂-CH₄. La primera etapa recibe cualquiera de los sustratos descritos, y parte de los ST se convierten

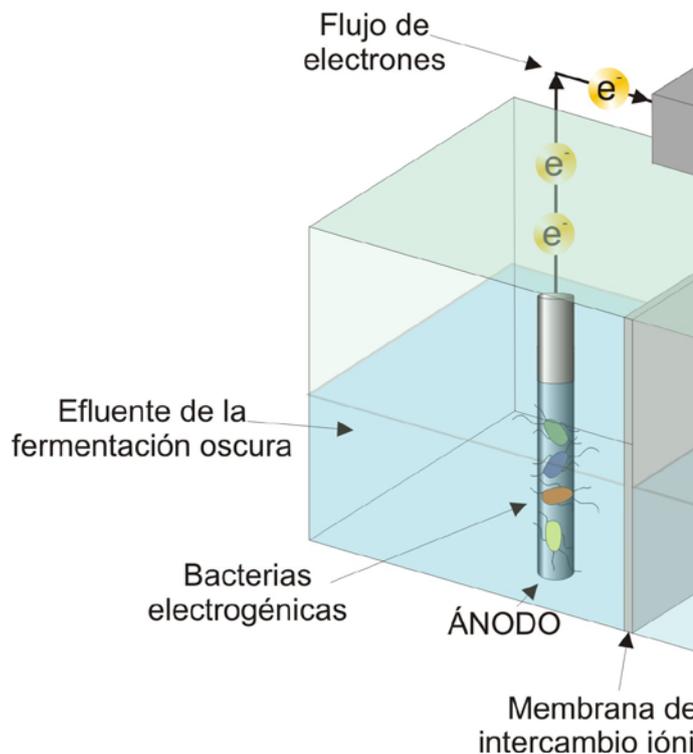


Figura 2. Celda de

en H_2 y ácidos grasos volátiles (AGV). En una segunda etapa, un reactor metanogénico convierte los AGV en biogás con porcentajes de metano de hasta 60%. El sistema de dos etapas aumenta la eficiencia del proceso en términos del volumen de gas producido y reduce los tiempos de reacción. En estos procesos, el control y la optimización han sido parte fundamental para asegurar la estabilidad de los sistemas biológicos.¹¹ También, se utilizan tecnologías de secuenciación de última generación para la caracterización y seguimiento de las comunidades microbianas responsables de la producción de H_2 y CH_4 .

En cuanto a las vías de producción de H_2 por fotofermentación y celdas de electrólisis microbianas, éstas pueden utilizar los efluentes provenientes de la fermentación oscura. De este modo, se incrementa la productividad global de H_2 cerrando el ciclo de la biorrefinería. En los sistemas fotofermentativos se ha logrado desarrollar un consorcio microbiano integrado por *Rhodospseudomonas palustris*

con alta eficiencia fotofermentativa, así como determinar el mejor soporte para la fijación de dicho consorcio en sistemas de biopelícula. Además de proponer un modelo mecanístico para determinar el efecto de variables como intensidad de luz, temperatura y pH en el proceso. Por otro lado, en la producción de H_2 mediante celdas de electrólisis microbianas (fig. 2) se ha logrado identificar el rol que juega el inóculo en el desarrollo de la biopelícula en el ánodo, desde el punto de vista de la producción de hidrógeno y la comunidad bacteriana. También se han optimizado concentraciones de AGV alimentados a los sistemas, estudiando diferentes tipos de membranas, electrodos y configuraciones de celda.

Biocombustibles líquidos

La producción de biocombustibles líquidos a partir de biomasa lignocelulósica residual pretende contribuir con el suministro de combustibles para el Sector Transporte sin competir con la producción de alimentos. En la Unidad se trabaja con el diseño de biorrefinerías de residuos celulósicas basadas en cultivos mixtos (BioCel-CM).

El diseño imita procesos naturales para desintegrar la biomasa lignocelulósica en diferentes biocombustibles: H_2 , CH_4 y alcoholes.¹² A diferencia de las biorrefinerías convencionales, BioCel-CM conjunta la producción de enzimas, sacarificación y fermentación en una sola unidad de proceso. BioCel-CM tiene el potencial de operar en condiciones no asépticas lo que reduce el consumo de energía. Con todo ello, la estructura de costos de BioCel-CM se asemeja a procesos con tecnología madura. Los avances obtenidos hasta ahora incluyen el diseño conceptual de una planta con capacidad de 1000 ton/d, así como datos experimentales de producción de H_2 y butanol a partir de paja de trigo.

Bioplásticos

La industria de los plásticos tiene gran importancia económica debido a su volumen de producción y versatilidad. Sin embargo, esta industria enfrenta dos problemas: el aumento constante en los precios del petróleo y graves problemas de contaminación por la acumulación de los plásticos desechados en el ambiente. Una propuesta de solución es la sustitución parcial de los petroplásticos, por materiales que sean biodegradables. Los polihidroxiclcanoatos (PHAs) son poliésteres lineales producidos por bacterias que poseen características termoplásticas semejantes a los petroplásticos.

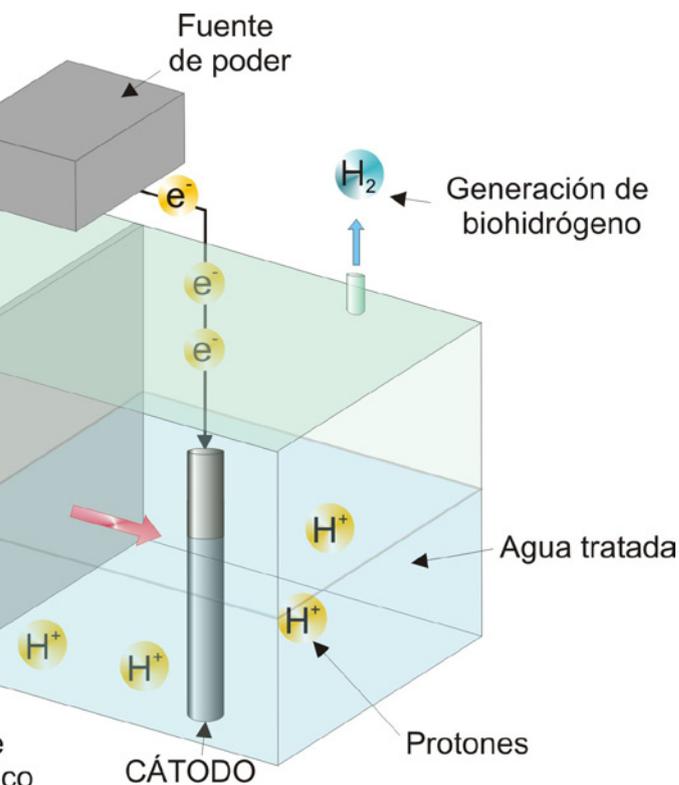


Fig. 2. Celda de electrólisis microbiana

El grupo de investigación de la Unidad propone integrar la producción de PHAs en los esquemas de biorrefinerías de residuos al utilizar como sustrato los AGVs contenidos en los efluentes de la fermentación oscura.¹³

Biofertilizantes

La materia orgánica que no es consumida en los procesos de obtención de biocombustibles, es susceptible de ser utilizada como biofertilizante de lenta liberación de nutrientes. En este sentido, se ha logrado identificar el potencial de microalgas provenientes de un sistema de tratamiento de aguas residuales, digeridas y sin digerir como potencial biofertilizante de hortalizas.

La investigación y desarrollo tecnológico que se lleva a cabo en la Unidad para la generación de productos de valor agregado es exitosa gracias a un enfoque multi e interdisciplinario, desde la bioingeniería de reactores, incluyendo distintas configuraciones de reactores, materiales de soporte y optimización de los parámetros operativos, hasta el control e instrumentación de los sistemas. De la misma manera, se hace uso de técnicas de última generación para la identificación molecular de microorganismos, lo que ha permitido avanzar en el conocimiento de las interacciones microbianas relevantes de los sistemas biológicos. |

Referencias

- ¹ Matharu, AS; de Melo, EM; Houghton, JA (2016). *Bioresour Technol* 215:123-130.
- ² Ley de Transición Energética. DOF, México, 24 de diciembre de 2015.
- ³ Kamm, B; Gruber, P R; Kamm, M (2006). *Biorefineries - Industrial Processes and Products*. Wiley-VCH. Germany.
- ⁴ Ramos, C; Buitrón, G; Moreno-Andrade, I; Chamy, R (2012). *Int J Hydrogen Energy* 37, 13288 -13295.
- ⁵ Buitrón, G; Carvajal, C (2010). *Biores Technol*, 101, 9071-9077.
- ⁶ Buitrón, G; Kumar, G; Martínez-Arce, A; Moreno, G (2014). *Int J Hydrogen Energy* 39, 19249-19255.
- ⁷ Arcila, JA; Buitrón, G (2016). *J Chem Technol Biotechnol* 91: 2862-2870.
- ⁸ Carrillo-Reyes, J; Buitrón, G (2016). *Biores Technol*, 221, 324-330.
- ⁹ Valdez-Vazquez, I; Acevedo-Benítez, J A; Hernández-Santiago, C (2010). *Renew Sustain Energy Rev* 14: 2147-2153.
- ¹⁰ Buitrón, G; Cervantes-Astorga, C (2013). *Water, Air, & Soil Pollution*, 224 (3), 1-8
- ¹¹ Torres Zuñiga, I; Vargas, A; Latrille, E; Buitrón, G (2015). *Chem Eng Sci* 129:126-134.
- ¹² Valdez-Vazquez, I; Pérez-Rangel, M; Tapia, A; Buitrón, G; Molina, C; Hernández, G; Amaya-Delgado, L (2015). *Fuel* 159:214-222.
- ¹³ Cardeña, R; Moreno, G; Valdez-Vazquez, I; Buitrón, G (2015). *Int J Hydrogen Energy* 40: 17212-17223.

UNAM
Global

A un clic de
la información

¡Consúltala!

Comunicación para la era digital.
Noticias, innovación y vida cotidiana.
De la Universidad y del mundo.

<http://www.unamglobal.unam.mx>



PRIMER INFORME DE ACTIVIDADES DEL DR. LUIS ÁLVAREZ ICAZA LONGORIA

El viernes 17 de febrero el Dr. Luis Álvarez Icaza, director del Instituto de Ingeniería, presentó su 1^{er} informe de actividades donde mostró los alcances obtenidos por el personal académico y resaltó los retos para el periodo 2017-2020. El informe lo dividió en 7 ejes fundamentales: Líneas de investigación estratégicas y pertinentes; Modelos de vinculación; Carrera académica con un perfil equilibrado; Énfasis en la calidad y la eficiencia terminal; Renovación de los laboratorios e instalaciones experimentales; Recuperación eficiente en la administración; y Mantener un ambiente colaborativo, seguro y con equidad.

Álvarez Icaza -afirmó- que es importante hacer un análisis de las líneas que cultiva la institución para que las aportaciones del personal académico sean significativas para la sociedad. Debemos fomentar mejores formas de vinculación con los sectores productivo, público y social estableciendo convenios de colaboración para transferir los resultados de nuestras investigaciones logrando así la transferencia tecnológica. En cuanto al registro de patentes haremos una revisión más exhaustiva para ver si las propuestas cuentan con el mérito técnico para ser patentadas.

Hay que hacer una revisión de la situación de los investigadores, en especial, de los de nuevo ingreso para que su integración sea más rápida.

Es necesario incrementar la producción per capita de artículos en revistas JCR y otros índices aprobados por la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.

Durante 2016 se establecieron 171 convenios, de los cuales 75 fueron patrocinados por instituciones gubernamentales, 35 por empresas privadas, 40 a través del CEMIE-Océano, 18 por CONACyT y 3 por la Secretaría de Ciencia y Tecnología e Innovación.

También tenemos un plan de inversión para modernización de laboratorios, nueva infraestructura y compra de equipo. Además se construirá el 3er piso del edificio 17 lo que representa nuevos espacios para los investigadores, técnicos académicos y estudiantes de la subdirección de Hidráulica y Ambiental. Estos espacios permitirán que la comunidad tenga las condiciones apropiadas para el desarrollo de sus funciones.

Sin duda, impactar en la formación y tutoría de estudiantes haciendo énfasis en la calidad y la eficiencia terminal es un punto relevante que debemos atender. Debemos proponernos que los estudios de maestría se realicen en máximo 5 semestres y los de doctorado en 9, con lo que incrementaríamos la eficiencia terminal de nuestros estudiantes.

Este año la Reunión Informativa Anual se llevó a cabo por subdirección, en la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, con el objetivo de que el personal de cada una de las subdirecciones y sedes foráneas, conozcan las investigaciones que sus compañeros están desarrollando lo que ayudará a fomentar el trabajo multidisciplinario.

En cuanto al proceso administrativo estamos facilitando al máximo las funciones sustantivas del Instituto, de tal suerte, que se disponga de información fidedigna para el uso de recursos y se disminuya el tiempo de respuesta en los trámites administrativos.

También hemos continuado con el programa de actividades extra académicas, culturales y deportivas, ya que es una forma de fomentar la sana convivencia -concluyó-.





RECONOCIMIENTOS A SERGIO M ALCOCER MARTÍNEZ DE CASTRO

Felicidades al Dr. Sergio M Alcocer Martínez de Castro por haber sido admitido como miembro correspondiente de la Academia de Ingeniería de los EUA y por haber sido nombrado miembro honorario de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural (SMIE). Dichas distinciones son una prueba de la trayectoria profesional del Dr. Alcocer.

¡Enhorabuena!

REUNIÓN INFORMATIVA ANUAL 2017

MARÍA VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

Este año la Reunión Informativa Anual del IIUNAM se dividió en 4 reuniones, una para cada una de las tres subdirecciones y la cuarta para las Unidades Foráneas. El objetivo de estas reuniones es dar a conocer a sus pares los trabajos que se están desarrollando dentro de cada una de las diferentes coordinaciones. La primera reunión fue la de la Subdirección de Electromecánica y tuvo lugar el 16 de enero donde participaron 12 trabajos de investigación, la segunda fue la de las Unidades Foráneas donde personal de las Unidades Académica Juriquilla y Sisal presentaron 4 proyectos de investigación cada una el viernes 20 de enero, la tercera reunión fue el 30 de enero y le correspondió a la Subdirección de Estructuras y Geotecnia donde expusieron 13 trabajos. Por último, el viernes 3 de febrero se llevó a cabo la reunión de la Subdirección de Hidráulica y Ambiental en la que se mostraron los avances de 14 proyectos en los que están trabajando.

Las Reuniones se llevaron a cabo en la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez y fue una buena oportunidad para que el personal académico conviviera e intercambiara opiniones sobre los avances de las investigaciones de sus colegas lo que, sin duda, fomentará el trabajo multidisciplinario.





DESARROLLO DE LAS MICRO, PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (MPYME), RETOS Y PERSPECTIVAS

Domingo García Pérez de Lema, académico de la Universidad Politécnica de Cartagena, España, y actual director de la Fundación para el Análisis Estratégico y Desarrollo de la Pequeña y Mediana Empresa (FAEDPYME), inició su presentación señalando que este tipo de organizaciones tienen un impacto relevante en las economías por ser intensivas en el uso de mano de obra, por dinamizar la producción y el consumo interno, y por su papel en la distribución de la riqueza en la sociedad.

Observó que las MPyME enfrentan diversos problemas para su desarrollo tales como escaso capital, baja productividad, dificultad de acceso al crédito, falta de planificación y control, problemas de gestión empresarial, entre otros. Recalcó que debido a su gran heterogeneidad, se dificulta su estudio con el fin de sugerir las medidas de políticas públicas más adecuadas para su fortalecimiento.

En su presentación mostró los resultados de un estudio llevado a cabo recientemente en siete países de América Latina (entre ellos México), en el que se obtuvo información de más de 7,600 microempresas (con 10 o menos empleados). Con estos datos se evidenció la gran variedad de condiciones en las que operan las microempresas en América Latina, además de identificar algunos factores que facilitan su desarrollo.

Por su parte, Santiago Macías Herrera, director del Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, A.C. (COMPITE), las MPyME (empresas que emplean desde 1 hasta 250 trabajadores), representan 99.8% del total de empresas en México. Entre ellas destacan las microempresas (hasta 10 trabajadores), las cuales representan 95% de las

organizaciones productivas. Las MPyME en México generaron 73% del producto interno bruto en 2014.

Santiago Macías también señaló que la principal causa del pobre crecimiento en México de su producto y del ingreso de los trabajadores es la baja productividad de las MPyME. Comparó la productividad de un trabajador mexicano laborando en una empresa en los Estados Unidos con la que se registra en las MPyME mexicanas la cual es 3.7 veces menor en México.

Comentó que con esta evidencia resulta claro que la política pública de fomento a la competitividad en México ha sido claramente insuficiente. Un problema que se presenta consiste en que las políticas públicas en la materia cambian con demasiada frecuencia para lograr alcanzar un impacto real y efectivo en el crecimiento de la productividad.



Por su parte Eugenio López Ortega, investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) presentó una reseña de los trabajos que el propio Instituto ha llevado a cabo en los últimos años relacionados con las MPyME. Señaló que como producto de la realización de 12 evaluaciones de programas públicos dirigidos a apoyar a las MPyME, así como de la colaboración con COMPITE, el IIUNAM construyó una base de datos que contiene información de más de 15,000 micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas. En algunos casos, esta base de datos contiene los principales problemas operativos identificados en las empresas.

Con esta información se han realizado diferentes análisis estadísticos con los que, entre otros aspectos, se ha evidenciado la heterogeneidad de las MPyME considerando su nivel de desarrollo. Este aspecto resulta relevante para el diseño de programas de apoyo a las empresas que contemplen los diferentes problemas a resolver de acuerdo a su nivel de desarrollo.

Al término de la reunión se efectuó una sesión de discusión en la que participaron los presentes en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth y se concluyó que las MPyME en México presentan un gran potencial de desarrollo, limitado por el débil crecimiento de su productividad.

La reunión también fue presenciada por 132 personas que la visualizaron total o parcialmente a través de *video streaming*. |



GIORGIO ANFUSO PROFESOR VISITANTE

MARÍA VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

El Dr. Rodolfo Silva, investigador del Instituto de Ingeniería invitó al profesor Giorgio Anfuso de la Universidad de Cádiz, España, a realizar una estancia académica para intercambiar experiencias sobre los temas de erosión costera y gestión litoral.

Es importante conocer la evolución del litoral –afirma el Dr. Anfuso–, saber cómo ha ido cambiando para intentar predecir lo que va a pasar en un futuro, evitando caer en errores debido a la construcción de obras antrópicas. Esto nos permite tener una planeación a medio y largo plazo. Giorgio Anfuso también comentó sobre los estudios de la vulnerabilidad de los litorales, los índices usados por diferentes autores, las temáticas relacionadas, las dificultades encontradas, los aspectos que se pueden mejorar y, finalmente decidir cuáles son las acciones más adecuadas frente a la erosión costera. Hay que tener en cuenta, –dijo– que en países como México, el litoral está relacionado con el turismo por lo que es nuestro deber establecer una metodología que permita proteger y preservar el litoral, y entonces favorecer por un lado el turismo sostenible, y por otro las construcciones que ya existe en el litoral.

Específicamente con la UNAM trabajamos temas similares, entonces, estamos intentando encontrar puntos de encuentros e intercambiar experiencias en ese sentido. En realidad yo soy geólogo de formación, después hice un doctorado en Ciencias del Mar en la Universidad de Cádiz y pertenezco al área de geodinámica externa. Mi trabajo consiste en estudiar la morfología del litoral, de la playa, de las dunas, ver de qué manera van cambiando, cómo evolucionan con el tiempo. Además soy profesor en la Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales en la Universidad de Cádiz.

Mi experiencia en el Instituto de Ingeniería ha sido enriquecedora, estoy encantado de estar aquí, me han tratado muy bien, hemos tenido varias reuniones con profesores y alumnos de maestría y doctorado para planificar juntos investigaciones; también con personas de la administración para plantear la posibilidad de hacer un doctorado conjunto entre la Universidad de Cádiz y la UNAM –concluyó–. |

ESTUDIOS DE MATERIALES PARA PROCESOS FOTOCATALÍTICOS Y FOTOELECTROCATALÍTICOS MEDIANTE TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS CONVENCIONALES

MARÍA VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

Los doctores Próspero Acevedo Peña y David Alfonso Ramírez Ortega junto con el maestro Juan Edgar Carrera Crespo, egresados de la UAM-Iztapalapa, impartieron una plática con el objeto de motivar a la audiencia para realizar experimentos electroquímicos a fin de obtener un mayor entendimiento de los procesos fotocatalíticos y los fotocatalizadores, para aplicaciones en medio ambiente y energía.

Afirmaron que, a diferencia de los jóvenes de hoy, ellos se iniciaron en esta línea de investigación desde cero, animados por el interés de entender los procesos involucrados en las

reacciones redox que ocurren durante la fotocatalisis. A base de prueba y error, han establecido una metodología que les ha permitido una estrategia loable para tal fin, y que vinieron a compartirla con los alumnos del Instituto de Ingeniería interesados en estos procesos. Afortunadamente, hoy hay un gran número de publicaciones que orientan sobre la forma en la que podrían aprovechar la parte electroquímica para entrar a los procesos fotoelectroquímicos y fotocatalíticos.

Se dice que los electroquímicos, están en sus quince minutos de fama, porque prácticamente todos los que están haciendo energía necesitan de la electroquímica; para poder entender a través de estas técnicas los aspectos fundamentales de procesos involucrados en la transferencia de carga, durante la conversión o el almacenamiento de energía, que son dos de los temas prioritarios en la agenda nacional.

Uno de las metas que les gustaría alcanzar es la obtención de combustibles solares como lo son: el H_2 y el O_2 provenientes del agua, e hidrocarburos de cadena corta provenientes de la reducción de CO_2 ; considerando que la electroquímica es la ciencia que estudia la conversión de energía química a energía eléctrica y viceversa, es en sí un proceso químico que produce corriente y por ende hay muchas personas interesadas en él. |



Juan Edgar Carrera C.

Próspero Acevedo P.

David Alfonso Ramírez O.



TERCER ENCUENTRO ACADÉMICO DEL FONDO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE VIVIENDA Y EL CRECIMIENTO DEL SECTOR HABITACIONAL

MARÍA VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

Con el fin de promover mejores condiciones habitacionales la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), organizaron este Tercer Encuentro Académico el pasado 17 de noviembre en la Torre de Ingeniería de la UNAM. El Dr. Sergio Alcocer fue el encargado de dar la bienvenida a nombre del Director del Instituto de Ingeniería.

Este Fondo se creó para fomentar el desarrollo de innovaciones que mejoren la habitabilidad y sustentabilidad de la vivienda, para hacer más competitivo este sector. Esto último, forma parte de la Política Nacional de Vivienda con lo que se pretende establecer lazos de colaboración entre las instituciones de educación superior y los centros de investigación, para que planteen soluciones a los problemas que se presentan en este campo de la ingeniería.

A lo largo del Encuentro se abordaron seis paneles temáticos, 1) Investigación en materiales y sistemas constructivos para el sector habitacional, 2) Diseño bioclimático y eficiencia energética, 3) Alternativas energéticas para la vivienda, 4) Prácticas sociales y valor de uso de la vivienda, 5) Experiencias de levantamiento de información

en viviendas, y 6) Identificación y aprovechamiento de suelo urbano.

Así mismo, se destacó que la innovación en la vivienda además de impulsar la creación de un modelo de desarrollo sostenible que beneficie desde el hogar hasta la escala global, también ayuda en la reducción de los gases de efecto invernadero y en la diversificación de las soluciones a problemas habitacionales. Se hizo énfasis en que para desarrollar políticas públicas adecuadas la investigación especializada necesita información sobre las viviendas y sus habitantes.

En el primer panel se abordó el tema de la Investigación en materiales y sistemas constructivos para el sector habitacional.

Cada uno de los paneles estuvo compuesto por especialistas en los siguientes temas: Componentes de construcción con materiales no convencionales; Sistemas estructurales de acero; Análisis térmico de materiales de construcción; Diseño de edificios altos en mampostería; Diseño y selección de materiales para viviendas de bajo costo en clima cálido; Sistema de cubierta durable y sustentable para viviendas de autoconstrucción; Prototipos bioclimáticos de vivienda económica; Estudio de morteros aligerados; Digestión anaeróbica de residuos sólidos urbanos para generar energía eléctrica; Calentadores solares de agua; Sistemas fotovoltaicos en iluminación; Vivienda popular; Prácticas sociales y mejoramiento habitacional; Habitabilidad ambiental en la vivienda serie en México; Causas de abandono de vivienda habitada; Evaluación de la calidad urbana arquitectónica; Utilización de vacíos urbanos y densificar las ciudades; Eficacia, eficiencia y equidad en la identificación del suelo apto para vivienda; y Caracterización del suelo apto para vivienda de la población de bajos ingresos.

Al final de cada panel, hubo sesión de preguntas y entrega de reconocimientos a cada uno de los 24 expositores. Por último, el Encuentro fue clausurado por el Lic. Luis Ignacio Torcida Amero, Subdirector General de Asuntos Jurídicos, Legislativos y Secretariado Técnico del CONAVI. |

ESTUDIO DE LA UNAM E INEGI PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DEL TRANSPORTE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

MARÍA VERÓNICA BENITEZ ESCUDERO

Durante el mes de febrero se llevó a cabo una Conferencia de Prensa en el Instituto de Ingeniería de la UNAM con el fin de invitar a los medios de comunicación para que difundan la importancia de las encuestas que están aplicando el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la UNAM para mejorar el transporte, el medio ambiente y el desarrollo económico en la Zona Metropolitana del Valle de México.

La Doctora Angélica Lozano, investigadora del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM), dijo que éste y el Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM junto con el INEGI están trabajando en este proyecto. Dentro de las actividades para poder realizar el estudio está la aplicación de tres encuestas: la de Origen-Destino, la de interceptación y la de hogares. A partir de estas encuestas se contará con información base que será utilizada en la modelación del tráfico y transporte.

El transporte en la ZMVM es cada vez más problemático y no se tiene información actualizada y confiable para hacer una planeación integral e instrumentar políticas para disminuir este tipo de problemas que afectan a la población de una de las ciudades más grande del mundo.

El estudio nos permitirá –agrega la Dra. Lozano Cuevas– conocer las características de los viajes que se realizan en la ZMVM, y por tanto las necesidades de transporte de las que viajan, así como la carga que circula en esta zona.

La encuesta en hogares orientada a los habitantes de la ZMVM estará a cargo del INEGI. A cargo de la UNAM estarán las encuestas de interceptación dirigida a las personas que viajan por el territorio de la Zona Metropolitana del Valle de México pero que no viven ahí y la de transporte de carga dirigida a vehículos de carga.

Con esto se logrará definir las políticas de planificación integral en el tema de transporte, tráfico vehicular, movilidad sustentable y ordenamiento territorial.

No hay que olvidar que la ZMVM tiene una población de 20.9 millones de habitantes de los cuales 8.9 millones viven en la Ciudad de México, 11.8 millones en el Estado de México y 0.1 millones en Hidalgo. Se tienen registrados 8.5 millones de vehículos automotores de los cuales 56.19% corresponde a la Ciudad de México, 43.23% al Estado de México y 0.58% al Estado de Hidalgo –concluyó –.

CENTRO DE CATEGORÍA 2 EN MÉXICO EL IIUNAM Y EL IMTA INSTITUCIONES PARTICIPANTES

MARÍA VERÓNICA BENITEZ ESCUDERO

El pasado mes de enero recibimos la visita de los doctores Giuseppe Arduino, Jefe de la Sección de Ecohidrología, Calidad del Agua y Educación; y Coordinador de los centros UNESCO de Agua y de, Miguel Doria, Coordinador del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, quienes vinieron a evaluar la propuesta enviada a la UNESCO por el gobierno de México para establecer un Centro de Categoría 2 en nuestro país.

Los doctores Arduino y Doria tuvieron varias reuniones con el director del IIUNAM, Luis Álvarez Icaza, con Fernando González Villarreal y Adrián Pedrozo del Instituto de Ingeniería de la UNAM y con el director del IMTA Felipe Arreguín quienes acompañados de algunos académicos del área de ingeniería ambiental e hidráulica de ambas dependencias presentaron las líneas de investigación y los trabajos que se realizan en estas áreas. También visitaron los laboratorios del IIUNAM y las instalaciones del IMTA a fin de completar la información que necesitan para emitir su estudio de factibilidad.

El objetivo y las funciones de los Centros de Categoría 2 son muy importantes porque son los que desarrollan las actividades



involucrando los temas principales del Programa Hidrológico Internacional.

El proceso para establecer este tipo de centros es bastante largo, porque es el gobierno del país interesado quien envía una propuesta al director general de la UNESCO, propuesta que ha sido evaluada por los gobiernos del Programa Hidrológico Internacional; después hay un estudio de viabilidad o factibilidad y una aprobación del centro a nivel de la Conferencia General de la UNESCO. En este proceso intervienen el gobierno, una universidad y un centro de investigación del país participante. Es al gobierno al que le corresponde comprometerse para que el Centro de Categoría 2 funcione. Es decir en la instalación de este tipo de Centro intervienen el aspecto político y el aspecto técnico. Es el país que propone la instalación del Centro quien financia el proyecto; la UNESCO solo puede participar en el financiamiento de las actividades.

En este caso el Centro será de carácter regional, lo que implica que abarcará de México a Sudamérica y el Caribe, quedará ubicado en el Instituto de Ingeniería en Ciudad Universitaria y será el IIUNAM y el IMTA quienes coordinaran las actividades del mismo. También van a participar otras dependencias relacionadas con el agua como por ejemplo CONAGUA.

El personal técnico y administrativo lo designará, en este caso, el gobierno de México junto con las entidades que lo proponen. También participará el Director General de la UNESCO, y un representante de los países de la región. Hay un Consejo de Administración encargado de la administración técnica y financiera y también se lleva a cabo una evaluación anual del trabajo técnico que se realiza durante el año.

Felicitemos al IIUNAM y al IMTA por impulsar y fomentar los estudios relacionados con el agua. |

SEMINARIO ANUAL DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

MARÍA VERÓNICA BENITEZ ESCUDERO

El 12 y 13 de enero del año en curso, se llevó a cabo el Seminario anual para alumnos de maestría y doctorado inscritos en el

Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Ambiental organizado por el Subcomité Académico por Campo de Conocimiento en Ingeniería Ambiental (SACC-IA), el cual está conformado actualmente por seis académicos que representan a los tutores de las entidades participantes en este posgrado: el Instituto de Ingeniería, la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Química, y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Este subcomité, apoya al funcionamiento del Comité Académico que se encarga de la administración del posgrado y que a su vez está integrado por los directores de las entidades académicas participantes, académicos, y representantes de los alumnos.

El programa cuenta con 26 tutores acreditados ante el programa y 9 tutores específicos, además de varios tutores de otras entidades que participan en los comités tutores correspondientes a cada alumno. Actualmente, dichos tutores dirigen a 86 alumnos de maestría y 31 alumnos de doctorado.

El principal objetivo de este seminario es enriquecer la vida académica del posgrado dando a conocer los trabajos que están desarrollando los alumnos inscritos. También permite dar seguimiento a la trayectoria académica de cada estudiante para apoyarlos, en caso de ser necesario, para que concluyan sus estudios en tiempo y forma. Además se busca que el alumno demuestre su capacidad de síntesis, su habilidad para hablar en público, su capacidad para responder preguntas así como el conocimiento del tema que desarrolla.

En esta ocasión se presentaron 56 trabajos, de los cuales 40 fueron de nivel maestría y 16 de doctorado (8 en presentación oral y 8 en presentación de cartel). Estos trabajos incluyen una amplia variedad de temas que involucran los tres campos disciplinarios del Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Ambiental: agua, sustancias y residuos peligrosos, y residuos sólidos. El programa detallado puede ser consultado en la página:

<http://www.posgrado.unam.mx/ambiental/index.htm>. |



HIATOS

Hiato, del latín *hiatus*, cuyo significado es “apertura” o “separación” tiene varios usos y aplicaciones, sin embargo, en esta cápsula nos enfocaremos a los hiatos ortográficos.

Un hiato es, simplemente, cuando tenemos dos vocales que se encuentran juntas pero pertenecen a diferentes sílabas, es decir, se pronuncian en distintas sílabas.

En español tenemos vocales abiertas o fuertes /a e o/ que requieren de mayor abertura de la boca y vocales cerradas o débiles / i u /que por el contrario, su pronunciación no requiere de gran abertura de la boca.

Tipos de hiatos:

Hiato simple: se juntan dos vocales abiertas

- (aa) I-sa-ac
- (ae) ma-es-tro
- (ao) Is-ra-el
- (ea) cre-ar
- (ee) pro-ve-e-dor
- (eo) pe-tró-le-o
- (oa) an-cho-a
- (oe) po-e-ma
- (oo) mi-cro-on-das

O dos vocales cerradas iguales

- (ii) an-ti-in-fla-ma-to-rio
- (uu) Du-un-vi-ro (miembro de un gobierno compuesto por dos magistrados en la antigua Roma)

Hiato acentual (hiato que provoca diptongo): se junta una vocal abierta con una cerrada o una cerrada con una abierta. La vocal cerrada debe llevar acento ortográfico para diferenciarse del diptongo.

- (aí) ma-íz
- (aú) a-ta-úd
- (eí) pro-te-í-na
- (eú) re-ú-ne
- (oí) o-í-do
- (oú) No-ú-me-no (término que significa etimológicamente “lo pensado”, “lo inteligible”)
- (ía) Ma-rí-a
- (ié) crí-e

- (ío) río
- (úa) ca-ca-tú-a
- (úe) ac-tú-en
- (úo) bú-ho (la letra “h” no impide la formación del hiato)

Hiato esporádico: existe una resilabificación excepcional en ellos que da lugar a hiatos que no están motivados acentualmente.

Ejemplos:

- píe [ˈpi.e] (1ª persona del presente de subjuntivo de piar)
- pie [pi'e] (1ª persona del pretérito de piar)
- pie [ˈpje] (extremo de la pierna)
- río (corriente de agua)
- rio [ri'o] (3ra persona del pretérito de reír)

Acentuación en los hiatos

Cuando se utilizan los hiatos de dos vocales iguales o vocal abierta y vocal abierta distinta se deben respetar las reglas generales de acentuación, pero cuando se usa la vocal abierta átona más vocal cerrada tónica, o viceversa, se debe colocar el acento para señalar el hiato.

En resumen, un hiato se produce cuando se juntan:

- Una vocal débil tónica con una vocal fuerte átona (bú-ho)
- Dos vocales fuertes distintas (le-ón)
- Una vocal fuerte átona con vocal débil tónica (pa-ís) y
- Dos vocales iguales (cré-e-me). |

Referencias

- [https://es.wikipedia.org/wiki/Hiato\(fonología\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Hiato(fonología))
- http://www.ejemplode.com/12-clases_deespanol/49-ejemplo_de_hiato.html
- <http://dle.rae.es/?id=KIRGSv9>
- <http://hispanoteca.eu/Gram%C3%A1ticas/Gram%C3%A1tica%20espa%C3%B1ola/Ortograf%C3%ADa-%20RAE%202010-Acentuaci%C3%B3n-Tilde.htm>
- <http://consultasortograficas.blogspot.mx/2013/06/vocales-abiertas-y-cerradas.html>
- <https://www.unprofesor.com/lengua-espanola/cuales-son-las-vocales-abiertas-y-cerradas-con-ejemplos-1490.html>
- <http://tusejemplos.com/ejemplos-de-hiatos/>
- <http://www.gramaticas.net/2011/09/ejemplos-de-hiato-simple.html>
- <http://www.reglasdeortografia.com/acenhiato03.html>
- <http://www.webdianoia.com/glosario/display.php?action=view&id=235>



EN EL IUNAM SE ESTÁ REALIZANDO EL

ESTUDIO ORIGEN-DESTINO DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

TU AYUDA ES MUY IMPORTANTE PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE

¡PARTICIPA!

PARA OBTENER LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS VIAJES CON ORIGEN O DESTINO DE ESTA ZONA, COMO DURACIÓN, MOTIVOS Y MODOS DE TRANSPORTE UTILIZADOS Y LAS DE LOS VIAJES DEL TRANSPORTE DE CARGA

DEL 23 DE ENERO AL 11 DE MARZO DE 2017

SE REALIZARÁN DIVERSAS ENCUESTAS EN LA CDMX Y 59 MUNICIPIOS DEL EDOMEX Y UN MUNICIPIO DEL ESTADO DE HIDALGO

* EL INEGI LEVANTARÁ LA INFORMACIÓN DE LA ENCUESTA ORIGEN-DESTINO EN HOGARES (EOD-H) PARA CONOCER LOS VIAJES Y LAS NECESIDADES DE TRANSPORTE DE LOS HABITANTES.

*EL IIS-UNAM REALIZARÁ LA ENCUESTA DE INTERCEPTACIÓN (EOD-I), PARA CONOCER LOS VIAJES DE PERSONAS QUE NO VIVEN EN LA ZMVM PERO QUE VIAJAN EN ELLA.

*Y LA ENCUESTA DE TRANSPORTE DE CARGA (EOD-C) PARA SABER LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS VIAJES DE ESTOS VEHÍCULOS LOS ENCUESTADORES ESTARÁN EN TERMINALES DE AUTOBUSES FORÁNEOS, EL AICM, Y PUNTOS DE ENTRADA/SALIDA DE LA ZMVM COMO GASOLINERAS Y PARADEROS EN CARRETERAS, INDUSTRIAS, CENTROS COMERCIALES, MERCADOS Y EN LAS CALLES.



GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM
TORRE DE INGENIERÍA PISO 2, ALA NORTE,
CIUDAD UNIVERSITARIA

TELÉFONO: 5623 3600 Ext. 8380 y 8390

