



# GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

ISSN: 1870-347X

No. 163 | noviembre - diciembre 2023



Exploración del desarrollo científico y tecnológico de la producción de biobutanol

Identificación de frecuencias de vibrar en puentes vehiculares de Ciudad Universitaria

Impactos del cambio climático en los edificios en México

Ingeniería ecológicamente mejorada para incrementar la resistencia de dunas costeras contra la erosión por oleaje

# EDITORIAL

El proceso para designar al nuevo rector de la Universidad Nacional Autónoma de México para el periodo 2023-2027, culminó el 17 de noviembre con la toma de posesión del Dr. Leonardo Lomelí Vanegas, nombrado por los miembros de nuestra H. Junta de Gobierno; le envío mis mayores felicitaciones al Dr. Lomelí y le reitero mi apoyo para que su gestión sea lo más exitosa posible.

Por otra parte, dentro de los acontecimientos más relevantes que tuvimos este último bimestre del año, quisiera mencionar que, con la participación conjunta de la Academia Mexicana de Ingeniería, el Instituto de Ingeniería, UNAM y la Facultad de Ingeniería, UNAM, el Dr. Guillermo Aguirre organizó una Exposición-Homenaje a los hermanos Chicurel Uziel, Ricardo y Enrique, queridos ex investigadores de nuestro Instituto. La ceremonia y exposición para mostrar su legado, se llevó a cabo en la explanada del Centro de Ingeniería Avanzada de la Facultad de Ingeniería. Agradezco al Dr. Aguirre y a quienes contribuyeron para que este evento fuera posible.

Asimismo, en distinciones para nuestra comunidad, durante el Café Académico del pasado 8 de diciembre se realizó la entrega de medallas por años de labor académica a varios miembros de nuestro personal. También es importante mencionar que el Instituto de Ingeniería se hizo acreedor al primer lugar de la convocatoria Reto UNAM por el Agua 2023, en la categoría de Institutos y Centros. Este reconocimiento fue posible gracias a la participación activa de nuestra comunidad, bajo la coordinación de la Dra. Brenda Alcántar Vázquez y con el apoyo de los miembros de las Secretarías Administrativa, de Vinculación y Técnica de Infraestructura y Mantenimiento. Asimismo, la Lic. Elizabeth Plata, Jefa de la Unidad de Servicios de Información, fue designada Representante ante el Consejo del Sistema Bibliotecario por el Consejo del área de las Ciencias Físico Matemáticas y las Ingenierías (CAACFMI). Además, el Maestro Óscar Eduardo Nieto Garzón, ex becario de Maestría de la Dra. Angélica Lozano Cuevas, recibió mención honorífica en el Premio Abertis Internacional, por el trabajo que lo hizo acreedor del primer lugar del Premio Abertis-México 2023, en la categoría de Maestría. Felicito a todas y todos los galardonados y les deseo que continúen en esa dirección de éxitos.

Les comunico que, ante el Subcomité de Admisión por Campo de Conocimiento de Ingeniería Civil, por primera ocasión designé a la Dra. Maritza Arganis Juárez, como representante de los tutores del II UNAM en Ciudad Universitaria. El Dr. Alec Torres Freyermuth continuará en ese SACC como representante de los tutores del II UNAM adscritos a nuestra Unidad Académica Sisal. Asimismo, el Dr. Julián Carrillo Reyes, lo designé como representante del Instituto de Ingeniería, en el SACC de Ingeniería Ambiental del II UNAM, de nuestra Unidad Académica Juriquilla.

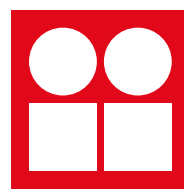
Concluyo esta Editorial, deseando a todos los miembros de nuestra comunidad que pasen una época decembrina y un Año Nuevo 2024, con mucha salud y tranquilidad en compañía de sus seres queridos. Que el próximo año esté lleno de éxitos y satisfacciones.

Cordialmente,

**Dra. Rosa María Ramírez Zamora**

Directora

Instituto de Ingeniería, UNAM



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM®**

Rector  
**Dr. Leonardo Lomelí Vanegas**

Secretaría General  
**Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda**

Abogado General  
**Mtro. Hugo Concha Cantú**

Secretaría Administrativa  
**Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez**

Secretaría de Desarrollo Institucional  
**Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz**

Secretaría de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria  
**Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo**

Coordinador de la Investigación Científica  
**Dra. María Soledad Funes Argüello**

Coordinador de Humanidades  
**Dr. Miguel Armando López Leyva**

Coordinador para la Igualdad de Género  
**Dra. Norma Blazquez Graf**

Coordinadora de Difusión Cultural  
**Dra. Rosa Beltrán Álvarez**

Director General de Comunicación Social  
**Mtro. Néstor Martínez Cristo**

Director de Información  
**Mtro. Rodolfo González Fernández**

Directora  
**Dra. Rosa María Ramírez Zamora**

Subdirector de Estructuras y Geotecnia  
**Dr. Carlos Javier Mendoza Escobedo**

Subdirectora de Hidráulica y Ambiental  
**Dra. Rosa María Flores Serrano**

Subdirector de Electromedicina  
**Dr. Arturo Palacio Pérez**

Subdirector de Unidades Académicas Foráneas  
**Dr. Germán Buitrón Méndez**

Secretaría Académica  
**Dra. Norma Patricia López Acosta**

Secretaría Administrativa  
**Mtra. Dulce María López Nava**

Secretario Técnico  
**Arq. Sebastián Israel Martínez Bucio**

Secretario de Telecomunicaciones e Informática  
**Ing. Marco Ambriz Maguey**

Secretaría Técnica de Vinculación  
**Mtra. María del Rocío Cassaigne Hernández**

Editor responsable  
**Lic. Verónica Benítez Escudero**

Reportera  
**Lic. Verónica Benítez Escudero**

Fotografías  
**Archivo Fotográfico del IIUNAM**

Diseño  
**Lic. Oscar Daniel López Marín**

Corrección de estilo  
**Gabriel Sánchez Domínguez  
María de los Ángeles Negrete Orozco**

## GACETA DEL IIUNAM

GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM, Año 2023, Número 163, noviembre-diciembre 2023, es una publicación bimestral de acceso abierto. Domicilio Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Instituto de Ingeniería, UNAM, Edificio 1 Fernando Hirriart, Circuito Escolar Ciudad Universitaria, teléfono 5623-3600, Dirección electrónica de la publicación <http://www.iiingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Paginas/default.aspx> Editor responsable: Lic. María Verónica Benítez Escudero, Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2022-120913281300-109, ISSN "En trámite", Responsable de la última actualización: Lic. María Verónica Benítez Escudero, Domicilio Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de última modificación 28 de febrero 2023.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o del Instituto de Ingeniería, UNAM.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

## EXPLORACIÓN DEL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOBUTANOL

ANÍBAL R. LARA-VÁZQUEZ,  
IDANIA VALDEZ-VAZQUEZ

### Relevancia del biobutanol

El butanol es una molécula de cuatro carbonos incolora e inflamable que suele utilizarse como disolvente para cosméticos, detergentes, antibióticos, hormonas y vitaminas, así como en la preparación de fluidos hidráulicos. También, se utiliza como intermediario para la producción de acrilatos<sup>[1]</sup>. De igual manera, el butanol es una sustancia química con alto poder calorífico, alta viscosidad, baja volatilidad, alta hidrofobicidad y baja corrosión. Además, su relación aire-combustible y su contenido energético son similares a los que presenta la gasolina. Por sus similitudes con la gasolina, el butanol podría utilizarse como su remplazo utilizando la infraestructura actualmente disponible sin riesgos<sup>[1,2]</sup>.

Hay cuatro isómeros diferentes del butanol: n-butanol, isobutanol, terc-butanol y sec-butanol. En particular, el n-butanol y el isobutanol pueden producirse directamente a partir de un proceso de fermentación. Hasta 1950, el n-butanol se producía mediante la fermentación acetona, butanol y etanol (fermentación ABE), que fue descubierta por Charles Weizmann en 1916. Weizmann utilizó para este fin la bacteria *Clostridium acetobutylicum*. Sin embargo, el alto costo de las materias primas como el maíz, el almidón y la melaza, eliminó el uso de procesos biológicos para la producción de butanol, que luego fueron sustituidos por procesos químicos de bajo costo a partir de fuentes fósiles<sup>[3]</sup>. Los recientes avances en ingeniería genética, nuevas configuraciones de biorreactores y bioprocesos que utilizan residuos lignocelulósicos han mejorado nuevas formas de producir butanol con ventajas ambientales en comparación con la producción basada en petróleo<sup>[4-6]</sup>. Además, los problemas ambientales como el calentamiento global asociados al uso de fuentes de energía fósil han originado mayor interés por el uso de energías renovables. Sin embargo, estas nuevas energías deben ser asequibles y técnicamente viables<sup>[7]</sup>. Recientes propuestas innovadoras

incorporan el empleo de consorcios microbianos para convertir directamente biomasa de origen agrícola en biobutanol, reduciendo los costos de inversión y operación<sup>[8,9]</sup>.

El mercado mundial de n-butanol se distribuye principalmente de la siguiente manera: Asia (44.5%), América (26.7%) y Europa (17.5%)<sup>[10]</sup>. China fue el único país que continuó utilizando procesos biológicos para la producción de butanol después del aumento del precio de las materias primas a nivel mundial. China es actualmente un actor clave en el mercado de n-butanol con una producción de 21 millones de galones por año gracias a sus esfuerzos en I+D. Las principales materias primas utilizadas para la producción de biobutanol son el maíz, la yuca y la melaza<sup>[3,11]</sup>. Mientras tanto, en Europa se han construido varias instalaciones de demostración de producción de butanol durante los últimos años, además, y se están ejecutando importantes proyectos regionales (financiados por la Unión Europea) como BUTANEXT (Butanext – Biobutanol de próxima generación) para promover el uso de butanol como estrategia para reducir el uso de combustibles fósiles. En Estados Unidos, se está estimulando la producción comercial de butanol mediante la incorporación de nueva tecnología a las actuales instalaciones de etanol disponibles en el país, esto ayudaría a reducir significativamente los costos de producción y aumentar los rendimientos de los biocombustibles. En México, el Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía (CEMIE BIO) a través del Clúster de Bioalcoholes desarrolló nueva tecnología para la producción de biobutanol. En una etapa temprana de tecnologías emergentes como las dirigidas para producción de butanol, los resultados de la investigación académica se presentan como publicaciones científicas, mientras que los resultados de desarrollos tecnológicos se presentan como patentes. Por tanto, las patentes son fuentes útiles de información que pueden utilizarse para la planificación empresarial y para el análisis de tendencias tecnológicas. A continuación, se presentan los resultados de una evaluación tecnológica integral del biobutanol, incluyendo tanto patentes como publicaciones científicas, con el objetivo de explorar el desarrollo tecnológico e identificar las tendencias tecnológicas actuales y los principales líderes en patentes y publicaciones. En particular, los resultados de esta investigación pueden ayudar a identificar nuevos proyectos de desarrollo tecnológico y oportunidades de mercado para los actores tanto actuales como futuros y, lo que es más importante, ayudar a los formuladores de políticas a abordar las necesidades del sector de los biocombustibles.

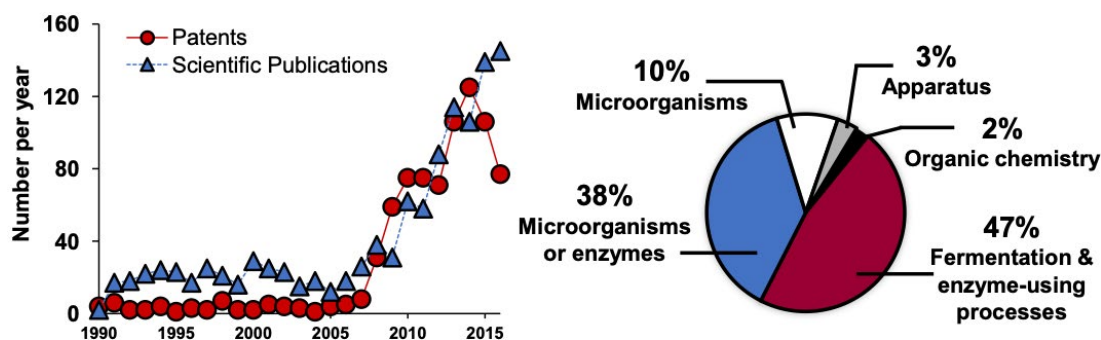


Figura 1. Desarrollo científico y tecnológico de biobutanol, 1990-2020

### Progreso científico y tecnológico

Durante el período de 1919 a 1921, sólo se concedieron cinco patentes a Charles Weizmann. Estas invenciones están relacionadas con la optimización de la fermentación ABE utilizando diferentes tipos de azúcares y microorganismos. Pocos años más tarde, entre 1926 y 1935, E. B. Fred y Peterson publicaron los primeros documentos científicos relacionados con los procesos biológicos para la producción de butanol. Luego, hubo un período de estancamiento hasta finales de los años ochenta, tanto para las patentes como para las publicaciones científicas. En el período de 1990 a 2007 se observó un crecimiento modesto. La actividad de patentamiento se multiplicó por veinte entre 2007 y 2015, coincidiendo con la crisis energética de 2008, donde los precios del petróleo aumentaron considerablemente y se crearon iniciativas verdes para encontrar energías alternativas<sup>[12]</sup>. En 2015, los precios del petróleo cayeron, lo que desalienta el interés por las energías alternativas (Figura 1). Así, el desarrollo científico y tecnológico del butanol se ve afectado por los precios del petróleo. Sin embargo, en los próximos años se esperan grandes avances para productos químicos como el biobutanol, ya que las patentes se consideran activos estratégicos para los actores industriales en el mercado de los biocombustibles<sup>[13]</sup>.

### Investigación y patentes en biobutanol

Un alto porcentaje de los artículos están relacionados con las áreas de biotecnología (> 50%), microbiología aplicada (42%) y microbiología (28%). El resto de las áreas de especialización fueron ingeniería, alimentación, ciencias ambientales y energéticas (entre el 2-13%). La investigación en biobutanol es multidisciplinaria debido a los muchos procesos y tecnologías involucrados. Por tanto, una patente determinada puede clasificarse en más de un área de especialización. La clasificación de patentes también proporciona información detallada sobre el desarrollo tecnológico del biobutanol. La Tabla 1 muestra los resultados de 897 patentes cotejadas según las subclases y códigos correspondientes de la Clasificación

Internacional de Patentes (IPC). Se recuperaron 3,215 subclasificaciones diferentes de patentes en el período 1916-2020. Al analizar la información de la Tabla 1, 42% de los registros coincidieron con la clasificación C12P para procesos tanto de fermentación como uso de enzimas; y 34% de los registros coincidieron con la clasificación C12N para microorganismos o enzimas. A partir de aquí, las cinco principales subclases de C12P son C12P7/16 (12.99 %), seguidas de C12P7/06 (3.60 %), C12P7/18 (3.34 %), C12P7/28 (2.41 %) y C12P7/04 (2.15 %). Estos códigos de subclasificación corresponden a procesos de fermentación y enzimáticos para producir alcoholes y metabolitos relacionados. Por otro lado, las principales subclasificaciones del C12N son C12N1/21 (12.81%), C12N1/20 (8.44%), C12N15/52 (6.95%), C12N9/04 (6.06%) y C12N1/19 (5.16%). Las subclasificaciones C12N implican la modificación genética de bacterias, enzimas y levaduras.

### Producción de biobutanol basada en la cooperación microbiana

La industria del biobutanol no ha logrado la maduración industrial debido a los altos costos de las materias primas refinadas utilizadas como sustrato en la fermentación ABE. Como alternativa, se propuso el uso de residuos agrícolas que contienen hasta 50% en peso de celulosa, un homopolímero de glucosa. Sin embargo, además de celulosa, los residuos agrícolas contienen lignina, un heteropolímero que provee rigidez y resistencia a las fibras vegetales. La lignina hace necesario llevar a cabo un pretratamiento de las fibras a elevadas temperaturas con el uso de químicos corrosivos para reducir su contenido, con ello, dejar expuesta la celulosa para su posterior hidrólisis<sup>[14]</sup>.

En 2005, Lynd y colaboradores introdujeron el término de *Bioproceso consolidado* (BPC) para referirse a un proceso donde ocurre de forma simultánea la producción en enzimas, la sacarificación y la fermentación<sup>[15]</sup>. En sus orígenes, el CBP fue concebido para realizarse con microorganismos genéticamente modificados: un microorganismo fermentativo al cual se le introducen genes de un microorganismo hidrolítico o viceversa. Sin embargo, los rendimientos experimentales fueron bajos.

Tabla 1. Descripción de clases y subclases de patentes de biobutanol

Clasificación IPC	Subclase	Porcentaje (%)	Descripción
C12P* 1,353 registros (42%)	C12P7/16	12.99	Fermentación o procesos enzimáticos para producción de biobutanol
	C12P7/06	3.60	Fermentación o procesos enzimáticos para producción de etanol
	C12P7/18	3.34	Fermentación o procesos enzimáticos para polialcoholes
	C12P7/28	2.41	Fermentación o procesos enzimáticos para productos con acetona
	C12P7/04	2.15	Fermentación o procesos enzimáticos para compuestos acíclicos
		24.49	
C12N* 1,104 registros (34%)	C12N1/21	12.81	Bacterias genéticamente modificadas y preparaciones enzimáticas
	C12N1/20	8.44	Bacteria y preparaciones enzimáticas
	C12N15/52	6.95	Introducción de material genético extraño que codifica enzimas y proenzimas
	C12N9/04	6.06	Preparaciones de enzimas que actúan sobre CHOH grupos como donantes
	C12N1/19	5.16	Levaduras genéticamente modificadas
		39.42	

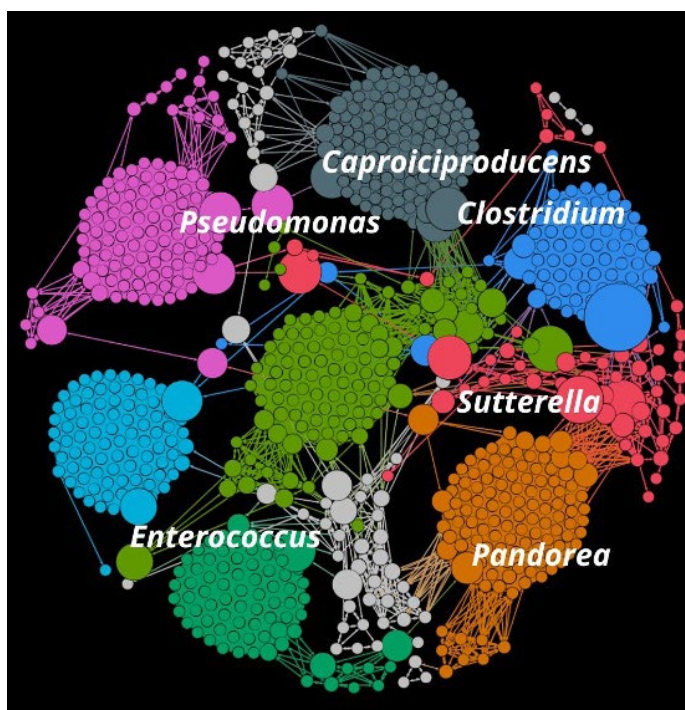
\*3,125 patentes de las cuales C12P (42%) y C12N (34%) fueron las principales clasificaciones.

Después, surgió la idea de realizar el CBP con co-cultivos, dos microorganismos que tuvieran actividades complementarias: uno hidroliza la celulosa mientras otro fermenta los azúcares liberados. De esta forma, los rendimientos fueron superiores a aquellos logrados con microorganismos genéticamente modificados, pero aún persistió la incompatibilidad de las condiciones de crecimiento del co-cultivo.

Notablemente, en otras áreas de producción de bioenergía, se habían utilizado consorcios microbianos para producir metano e hidrógeno a partir de residuos agrícolas. Un consorcio microbiano es una asociación entre varias poblaciones de microorganismos, pero que tienen actividades complementarias y autorreguladas. El uso de consorcios microbianos para producir biobutanol fue decepcionante en los primeros estudios reportados debido a que la capacidad de producción de butanol es rara en la naturaleza, logrando concentraciones menores de 1 g/L.

No fue hasta la aplicación de la evolución adaptativa, que se logró obtener concentraciones de butanol similares a las previamente reportadas con cultivos puros utilizando sustratos refinados.

La evolución adaptativa logró seleccionar bacterias capaces de producir altas concentraciones de butanol, a partir de un consorcio parental sin esta capacidad. Este gran hallazgo se atribuye a dos posibles hechos: el primero, transferencia horizontal de genes entre bacterias con tolerancia a solventes como *Sutterella* con *Clostridium* que haya permitido incrementar la capacidad de producción de biobutanol, y la segunda, a la presencia de bacterias con capacidad de protección a los efectos tóxicos del butanol como *Pseudomonas* (Figura 2). Actualmente, continúan los estudios moleculares para descifrar los mecanismos por los cuales este consorcio microbiano produce biobutanol directamente a partir de residuos agrícolas.



## Financiamiento

Este trabajo fue apoyado por el proyecto PAPIIT de la DGAPA-UNAM (No. IN102721) y el Fondo de Sostenibilidad Energética 2014-05 (CONACYT-SENER), Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía, Clúster de Bioalcoholes (Subvención No. 249564). |

Figura 2. Red ecológica de un consorcio microbiano que produce biobutanol a partir de residuos agrícolas mediante bioprocesamiento consolidado. Cada nodo representa una especie y cada arista representa una interacción. El color representa una subcomunidad y el tamaño del nodo representa su relevancia relativa en función del número de interacciones. Adaptado de<sup>[16]</sup>.

## Referencias

1. Economics, I. 2013. BIO-BUTANOL: THE GAME CHANGER, An Emerging Biofuel and Biochemical. A Multi-Client Study in Partnership with Chemical Strategies Group. <http://www.informaecon.com/MCSBiobutanol2013.pdf>. Accessed 20 February 2019.
2. Liu H., Wang G. y Zhang J (2013). The Promising Fuel-Biobutanol. In: Fang Z (ed) Liquid, Gaseous and Solid Biofuels - Conversion Techniques, Intech Open, London, pp 175-198.
3. Chiao J. S. y Sun Z. H. (2007). History of the acetone-butanol-ethanol fermentation industry in China: development of continuous production technology. *J Mol Microbiol Biotechnol* 13:12-14.
4. Ezeji T. C. y Qureshi N., Blaschk H. P. (2003). Production of acetone, butanol and ethanol by *Clostridium beijerinckii* BA101 and in situ recovery by gas stripping. *World J Microbiol Biotechnol* 19:595-603.
5. Erickson B. y Winters P. (2012). Perspective on opportunities in industrial biotechnology in renewable chemicals. *Biotechnol J* 7:176-185.
6. Pereira L. G., Chagas M. F., Dias M. O. S., Cavalett O. y Bonom A. (2014) Life cycle assessment of butanol production in sugarcane biorefineries in Brazil. *J Clean Prod* 96:557-568.
7. Tao L., Tan E. C., McCormick R., Zhang M., Aden A., He X. y Zigler B. T. (2014) Techno-economic analysis and life-cycle assessment of cellulosic isobutanol and comparison with cellulosic ethanol and n-butanol. *Biofuel Bioprod Bior* 8:30-48.
8. Wen Z., Wu M., Lin Y., Yang L., Lin J. y Cen P. (2014). Artificial symbiosis for acetone-butanol-ethanol (ABE) fermentation from alkali extracted deshelled corn cobs by co-culture of *Clostridium beijerinckii* and *Clostridium cellulovorans*. *Microb Cell Fact.* 13:92.
9. Valdez-Vazquez I. y Sanchez A. (2018). Proposal of biorefineries based on mixed cultures for lignocellulosic biofuel production: a techno-economic analysis. *Biofuel Bioprod Bior* 12:56-67.
10. Monitor, M. (2015). Asia-Pacific n-butanol market by applications (butyl acrylate, butyl acetate, glycol ethers, and others) & geography-global trends & forecasts to 2019.
11. Jiang Y. y Liu J., Jiang W., Yang Y. y Yang S. (2015). Current status and prospects of industrial bio-production of n-butanol in China. *Biotechnol Adv* 33:1493-1501.
12. Hanjra M. A. y Qureshi M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy* 35:365-377.
13. Toivanen H. y Novotny M. (2017). The emergence of patent races in lignocellulosic biofuels, 2002–2015. *Renew Sust Energ Rev* 77:318-326.
14. Amiri H. y Karimi K. (2018). Pretreatment and hydrolysis of lignocellulosic wastes for butanol production: Challenges and perspectives. *Bioresource & Technology* 270, 702-721.
15. Lee R., Lynd 1, Willem H., Van Zyl, John E. y McBride, Mark Laser (2005). Consolidated bioprocessing of cellulosic biomass: an update. *Curr Opin Biotechnol* 16(5):577-83.
16. González-Tenorio D, Dudek K. y Valdez-Vázquez I. (2023). Butanol and caproate production by consolidated bioprocessing after adaptive evolution of a fermentative microbial community. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 17:1221-1235.

## IDENTIFICACIÓN DE FRECUENCIAS DE VIBRAR EN PUENTES VEHICULARES DE CIUDAD UNIVERSITARIA

ADRIÁN POZOS ESTRADA, RIGOBERTO NAVA GONZÁLEZ, MIGUEL A. HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, DANIEL CORTÉS PORTILLO Y CARLOS D. GARCÍA RODRÍGUEZ

El monitoreo de estructuras, así como las pruebas de vibración ambiental (PVA) han sido tareas en que el Instituto de Ingeniería, y de manera particular la Coordinación de Ingeniería Estructural, han contribuido para tener mejor entendimiento del comportamiento de la infraestructura nacional a lo largo de su vida útil, con la finalidad de evaluar la seguridad de éstas o de sus componentes.

Las PVA consisten en probar la estructura durante su etapa de servicio bajo condiciones de carga ambiental aleatoria y de banda ancha. Los resultados que se obtienen de las PVA son

frecuentemente empleados para conocer el comportamiento modal de la estructura, así como para validar modelos matemáticos. Un ejemplo típico del empleo de este tipo de pruebas es la de los puentes vehiculares ubicados en Ciudad Universitaria (CU), con la finalidad de identificar sus frecuencias de vibrar.

### Ubicación y descripción general de los puentes

Dentro del campus de CU se pueden identificar 22 puentes vehiculares, de los cuales, seis se ubican dentro del circuito escolar y 16 sobre la avenida de los Insurgentes. La Figura 1 muestra un mapa con la localización de los puentes en estudio.

Los puentes se conforman de una losa de concreto reforzado y se soportan sobre columnas de sección transversal con geometría elipsoidal prismática y variable en algunos casos. Se emplean estribos de concreto reforzado y de mampostería. El único puente que cuenta con una superestructura a base de trabes de concreto presforzadas es el que se ubica en la zona cultural. La cantidad de carriles por puente es variable, identificándose puentes con un mínimo de tres y un máximo de cinco carriles. La longitud total de los puentes varía de 15 y 32 m.



Figura 1. Localización de los puentes vehiculares en CU. El número en la esquina superior derecha del icono indica el número de puentes en la ubicación mostrada.

## Pruebas de vibración ambiental

El objetivo principal de las PVA fue identificar las frecuencias fundamentales en dirección vertical de los puentes, para posteriormente emplearlas para calibrar modelos matemáticos de éstos.

Para realizar las PVA, se organizó una brigada de cinco personas, de las cuales, dos se ocuparon de la instalación de los sensores de aceleración y del registro de los datos; mientras que el resto de los integrantes de la brigada auxiliaron con la logística y medidas de seguridad durante las pruebas. Las pruebas iniciaron con los puentes ubicados dentro del circuito escolar (i. e., puentes de Química, Ingeniería y Arquitectura) y terminaron con los puentes ubicados sobre la avenida de los Insurgentes. La Figura 2 ilustra las actividades realizadas durante una PVA de uno de los puentes.

Se empleó un sistema de registro que incluyó dos acelerómetros inalámbricos, una base de registro y una antena. La aceleración en tres direcciones fue registrada y visualizada en tiempo real a través de la aplicación Sensor Connect, proporcionada por el fabricante de los sensores. Durante las PVA, los acelerómetros se colocaron al centro de los claros, sobre los acotamientos o banquetetas. Se procuró realizar las pruebas cuando se presentaba el tránsito de carga viva (i. e., Pumabús para los puentes dentro del circuito de CU y Metrobús para los puentes sobre la avenida de los Insurgentes). Se realizaron cinco repeticiones de cada PVA, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos por prueba. La frecuencia de muestreo empleada fue de 256 Hz.

## Procesamiento de los registros de aceleración

Los registros de aceleración obtenidos de las PVA fueron procesados y analizados. La Figura 3 muestra un ejemplo de aceleraciones registradas durante una PVA en uno de los puentes y su función de densidad de potencia espectral. Las historias en el tiempo de aceleraciones muestran incrementos súbitos de las amplitudes, los cuales, se deben al paso de vehículos pesados sobre el puente. Los picos que se observan en las funciones de densidad de potencia espectral se asocian con las frecuencias de vibrar del puente.

## Análisis de resultados

En todas las PVA fue posible identificar frecuencias en dirección vertical; sin embargo, sólo en algunas se logró identificar frecuencias asociadas con modos de vibrar en las direcciones longitudinal y transversal. La Figura 4 muestra una gráfica de cajas con la variación de las primeras cuatro frecuencias identificadas para los puentes vehiculares estudiados. Se observa en la Figura 4 que la primera frecuencia de vibrar oscila entre 2.4 y 13.8 Hz, y que la mediana (i. e., línea roja horizontal dentro de la caja) para la primera frecuencia identificada es alrededor de 8.5 Hz. También se observa que el valor de la mediana va en aumento para el resto de las frecuencias identificadas, como se esperaba. La Figura 4 también indica que la dispersión en los valores identificados de frecuencia es similar para las primeras tres, y que ésta aumenta significativamente para la cuarta.



Figura 2. PVA en uno de los puentes vehiculares de CU



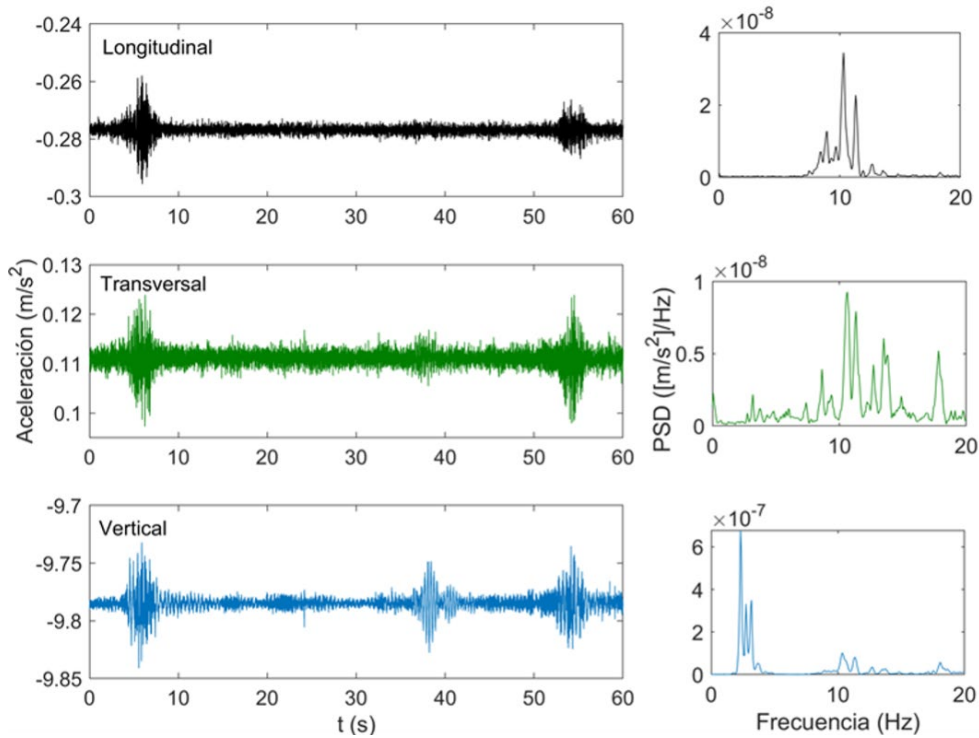


Figura 3. Ejemplo de aceleraciones registradas durante una PVA en uno de los puentes y su función de densidad de potencia espectral (PSD por sus siglas en inglés)

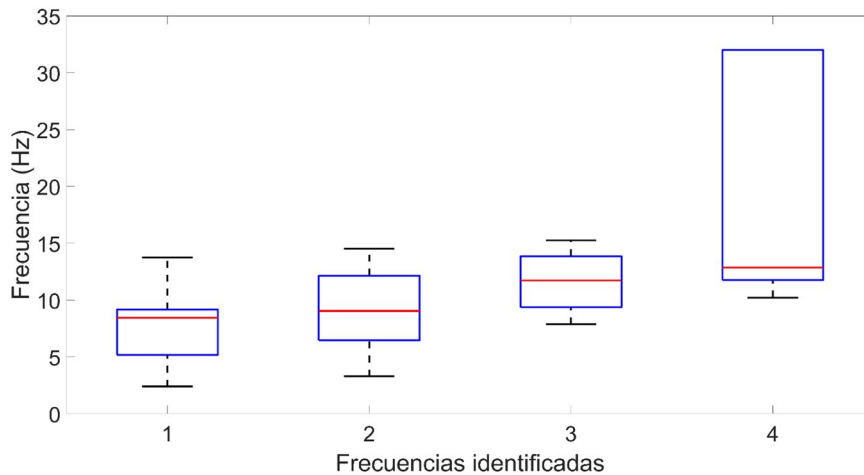


Figura 4. Gráfica de cajas con la variación de las primeras frecuencias identificadas de los puentes vehiculares estudiados

### Comentarios finales

Se presentó una descripción general de las PVA realizadas en los puentes vehiculares ubicados en CU y se mostraron algunos resultados de los análisis para identificar las frecuencias de vibrar de los puentes. Los resultados de los análisis de las PVA son útiles para la calibración de modelos matemáticos y la evaluación del comportamiento estructural de los puentes.

### Agradecimientos

Agradecemos al M. I. Abraham Roberto Sánchez Ramírez por su apoyo para la realización de las PVA. También agradecemos a la Dirección General del Patrimonio Universitario por el permiso otorgado para realizar las pruebas.

## IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS EDIFICIOS EN MÉXICO

DAVID MORILLÓN GÁLVEZ

Los fenómenos que se han presentado en el mundo como: las sequías, las olas de calor, los incendios, etc., debido al aumento de las temperaturas, son una muestra de la amenaza que representa el cambio climático. Estos cambios se ven reflejados en un mayor consumo de energía utilizada para la calefacción y el enfriamiento de los edificios, además de afectar el confort térmico.

A continuación, se presentan una serie de escenarios de tiempos y condiciones para Villahermosa, Tabasco (tabla 1) relacionadas con las acciones para combatir el cambio climático, así como las condiciones actuales o base comprendido entre los años 1980 a 2010. Asimismo, se llevaron a cabo estudios para saber qué ocurrirá en los años 2030, 2050 y 2100 en caso de que las acciones utilizadas no sean las adecuadas para combatir el cambio climático (RCP\* 8.5), considerado el peor escenario, ya que se estima un incremento de ocho grados, lo que sería realmente preocupante. También se realizaron estudios en el caso de utilizar acciones integrales que servirían para mitigar el cambio climático (RCP 2.6). Por ello es muy importante evaluar las implicaciones energéticas que se tienen en la climatización de los edificios, así como la urgente necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla 1. Impactos del cambio climático en el confort y en las sensaciones térmicas en Villahermosa, Tabasco, en varios escenarios y condiciones.

Bioclima	Frío (%)	Confort (%)	Calor (%)
Actual (1980-2010)	12.15	0	87.85
RCP 2.6 (Al 2030)	2.08	0	97.92
RCP 2.6 (Al 2050)	1.04	0	98.96
RCP 2.6 (Al 2100)	1.04	0	98.96
RCP 8.5 (Al 2030)	0.69	0	99.31
RCP 8.5 (Al 2050)	0	0	100
RCP 8.5 (Al 2100)	0	0	100

\*RCP, Sendas Representativas de Concentración por sus siglas en inglés

El confort térmico necesario en los edificios tiene influencia directa en nuestro nivel de bienestar y productividad. Este confort térmico para los edificios varía según el clima del lugar, como se puede observar en la figura 1, sin embargo, es difícil mantenerlo debido a la intensidad de los cambios bruscos que presenta el clima.

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales factores que influyen con el cambio climático es el aumento de las temperaturas, es por eso que en la figura 2 se muestra el caso de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, donde se presentan diversos escenarios y condiciones en la temperatura.

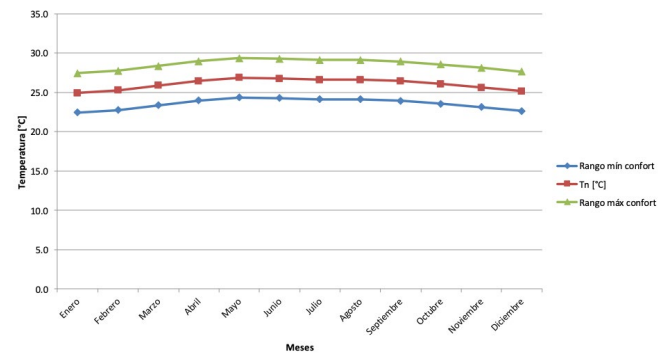


Figura 1. Rango de temperaturas de la zona de confort en Villahermosa, Tab., para las condiciones de clima actual (1980-2010)

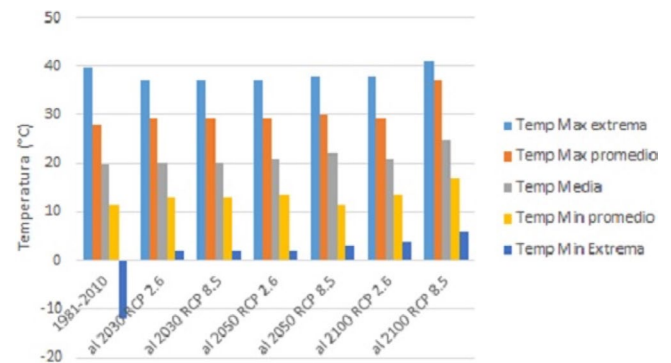


Figura 2. Impactos del cambio climático en las temperaturas en Guadalajara, Jalisco, en diversos escenarios y condiciones

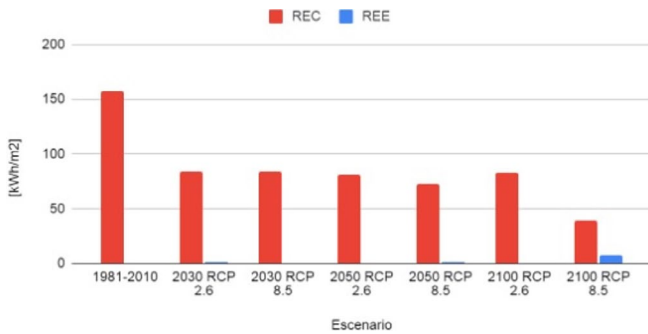


Figura 3. Impacto del cambio climático en los requerimientos energéticos para el enfriamiento de edificios en Ciudad de México

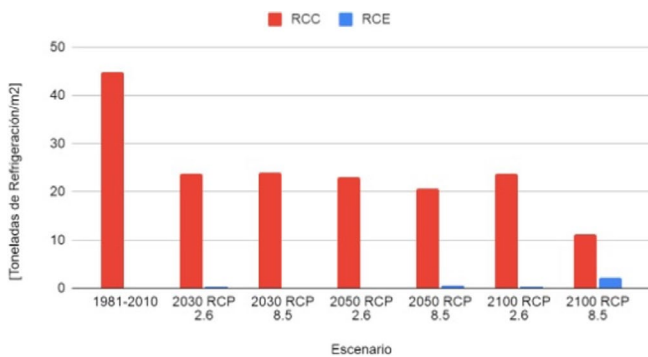


Figura 4. Impacto del cambio climático en los requerimientos de toneladas de climatización para edificios en Ciudad de México

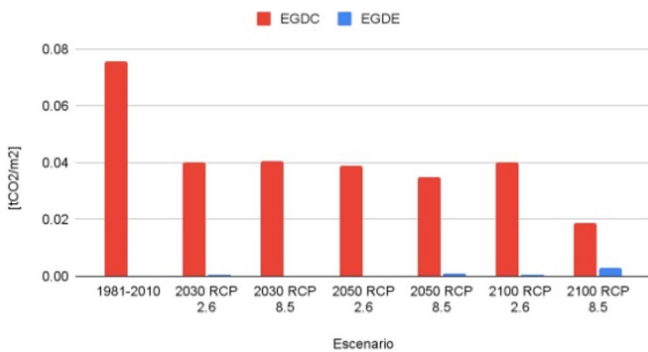


Figura 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el consumo de energía para el enfriamiento de edificios ante el cambio climático en Ciudad de México

Al aumentar la temperatura se requiere más energía para el enfriamiento de los edificios (Figura 3), aumentando la demanda de energía debido a los sistemas de climatización (Figura 4), lo que implica más emisiones de gases de efecto invernadero (Figura 5) que empeoran el cambio climático.

Para reducir el consumo de energía se deben hacer campañas para motivar a los usuarios a adoptar nuevos hábitos, además de adecuar los edificios con técnicas de diseño bioclimático para disminuir la necesidad de calefacción y aire acondicionado convencional como: el control solar en las ventanas, los techos y muros verdes en los climas cálidos; también, podemos recurrir a los nuevos materiales y a la tecnología de construcción.

Actualmente, tenemos sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) energéticamente eficientes y sistemas inteligentes que permiten reducir las emisiones de carbono producidas por los edificios. Debemos cambiar el sistema energético nacional a fuentes de energía renovables, ya que su uso puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como los paneles solares, las turbinas eólicas, los sistemas geotérmicos, entre otros.

Una estrategia para incorporar el diseño bioclimático en los edificios, y la integración de fuentes de energía renovables, es el crear soluciones sustentables, priorizando la habitabilidad de los seres humanos y la responsabilidad ambiental. Es tarea de los investigadores, diseñadores de edificios y legisladores. El público en general debe trabajar en conjunto para disminuir los consumos de energía asociados con el confort térmico en los edificios, bajando tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> como el logro de construcción resiliente y sustentable ante al cambio climático.

## Referencias

- Morales E. (2023). Climatización de edificios en México: consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> ante el cambio climático, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, UNAM, México.
- Morillón Gálvez, David; Muela Pérez, Álvaro y Bahena Fernandez, Daniel Alejandro (2022). Cambio climático y bioclima, Gaceta del Instituto de Ingeniería de la UNAM, Núm. 156, pp. 3-5, sep-oct, México.
- Morillón, D.; Bahena D. A.; Muela, A.; Silva, R. y Aros, B. S. (2023). Bioclima en Ciudades de Iberoamérica ante el cambio climático proyectado al 2050: Atlas del bioclima de México, Colombia y España ante del cambio climático, CEMIEO, México.

## INGENIERÍA ECOLÓGICAMENTE MEJORADA PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE DUNAS COSTERAS CONTRA LA EROSIÓN POR OLEAJE

MAXIMILIANO-CORDOVA, C.; SILVA, R.;  
MENDOZA, E.; CHÁVEZ, V. Y MARTÍNEZ, M. L.

### Introducción

Las dunas costeras proveen múltiples servicios ecosistémicos que contribuyen con el bienestar de las poblaciones humanas en la costa. Entre estos servicios destaca el de protección costera ante el impacto de ciclones tropicales y tormentas invernales. Durante el inicio de una tormenta, las dunas constituyen una barrera de arena que mitiga el impacto del oleaje y previene la intrusión del mar tierra adentro. En etapas posteriores, las dunas son una fuente de arena que es erosionada por el oleaje y redistribuida en la parte sumergida del perfil de playa donde forma barras que desplazan el rompimiento del oleaje en dirección al mar; en consecuencia, éste disminuye su efecto erosivo (Figura 1).

Debido a la protección costera que brindan las dunas, hay un creciente interés por restaurarlas y/o rehabilitarlas para fortalecer la protección de los intereses humanos de las inundaciones y la erosión. Estas acciones son particularmente relevantes en zonas vulnerables al impacto de tormentas

donde la formación de dunas se ha visto afectada por un déficit de sedimentos, ya sea natural o inducido por las actividades humanas. En estas playas las dunas pueden ser restauradas o rehabilitadas utilizando elementos naturales (plantas) y/o artificiales (como núcleos de tubo geotextil) para que funcionen como una barrera principal o ayuden a aumentar la efectividad de otras barreras.

Las plantas sobre las dunas reducen las tasas de erosión. El grado de protección que este elemento natural otorga depende de factores como la especie de planta, su forma de crecimiento, la densidad de plantas, la cobertura vegetal y la ubicación de las plantas sobre la duna. Sin embargo, las plantas también pueden acelerar la erosión al incrementar el coeficiente de reflexión. Por ello, el uso de plantas para restauración y/o rehabilitación de dunas debe ser fundamentado en análisis hidrosedimentarios y biogeomorfológicos para asegurar su eficacia y evitar efectos negativos al sistema.

Por otra parte, los núcleos de geotextil se utilizan para construir dunas resistentes a las inundaciones que causa la marejada. Este tipo de núcleos están hechos de una membrana permeable rellena y cubierta con arena y plantas. En distintas playas se ha demostrado que estos elementos cumplen con su objetivo; sin embargo, afectan a la dinámica natural del sistema playa-duna. Las playas donde se han instalado núcleos de este tipo son de menor amplitud, con pendientes pronunciadas y sin dunas. En consecuencia, se restringe el hábitat de especies de plantas pioneras que forman dunas y zonas de anidación para especies animales como las tortugas. Además, los geotextiles deben ser constantemente recubiertos con arena para evitar los daños que causan la radiación solar y el oleaje.



Figura 1. Evolución de las dunas costeras ante la ocurrencia de una tormenta en la playa del Farallón, Veracruz.  
Fotos de C. Maximiliano-Cordova

Como una alternativa para el uso de núcleos de geotextil se ha propuesto el uso de núcleos de roca, los cuales, pueden ayudar a prevenir algunos de los efectos negativos previamente descritos. El núcleo de roca es permeable, por lo que, durante el remonte del oleaje el agua puede percolar, con ello, disminuye el coeficiente de reflexión y las tasas de erosión. Esto evita que se forme una barrera vertical (como ocurre con el geotextil) y facilita el intercambio de sedimentos entre la parte emergida y sumergida del perfil de playa. Finalmente, el material permite el crecimiento de las raíces de las plantas por lo que los proyectos de restauración pueden tener mayor éxito y contribuir a crear elementos híbridos más resistentes.

Pese al potencial de los núcleos de roca, se sabe poco sobre su funcionamiento con y sin plantas, además, tampoco se ha contrastado su funcionamiento con el de núcleos de geotextil. Por ello, en el Grupo de Ingeniería de Costas y Puertos del IIUNAM nos planteamos el objetivo de comparar la respuesta morfológica de dunas asistidas con núcleo geotextil y de roca, con y sin plantas. Esto permitió generar información sobre cuál puede ser la mejor alternativa para restaurar y/o rehabilitar dunas para proteger los bienes humanos.

### Métodos

Se analizaron datos de tres experimentos hechos en un canal de oleaje de 37 m de largo, 1.2 m de altura y 0.8 m de ancho, en el Laboratorio de Costas y Puertos del IIUNAM.

En los tres experimentos el canal fue dividido longitudinalmente (Figura 2a) para evaluar dos condiciones de duna de manera simultánea. A cada lado del canal se construyó un perfil de playa con una porción sumergida y una emergida, con una berma y una duna con una base de 0.75 m y una altura de 0.25 m (Figura 2b).

En el experimento 1 (12 condiciones), dunas con tres densidades de plantas (baja, media y alta) y una duna control (sin plantas) (Figura 3a) fueron expuestas a tres condiciones de tormenta: baja ( $H_s=0.1\text{m}$ ;  $T_p=1.118\text{ s}$ ), moderada ( $H_s=0.1\text{m}$ ;  $T_p=1.565\text{ s}$ ) e intensa ( $H_s=0.15\text{ m}$ ;  $T_p=2.012\text{ s}$ ). En el experimento 2 (18 condiciones) se evaluó el efecto independiente y combinado de

dos distribuciones de plantas (plantas sobre toda la duna y plantas sobre la cara protegida de la duna) y la presencia de un núcleo de roca. Además, se evaluó una duna control sin núcleo y sin plantas (Figura 3b). En este experimento se utilizaron las intensidades de tormenta baja ( $H_s=0.08\text{m}$ ;  $T_p=1.565\text{ s}$ ), moderada ( $H_s=0.08\text{m}$ ;  $T_p=1.789\text{ s}$ ) e intensa ( $H_s=0.8\text{ m}$ ;  $T_p=2.012\text{ s}$ ); sin embargo, la altura de ola significativa y el periodo pico fueron ligeramente diferentes a los usados en el experimento 1. En el experimento 3 (9 condiciones), se puso a prueba la eficacia de dunas con núcleo de geotextil con y sin plantas (Figura 3c). Para este tercer experimento se utilizaron las tres condiciones de tormenta con las características del experimento 2. En los tres experimentos *Ipomoea pes-caprae* fue la especie utilizada para evaluar el efecto de las plantas.

Las variables de respuesta analizadas en los tres experimentos fueron el régimen de erosión con base en Sallenger Jr. (2000) y el porcentaje de arena erosionada. El régimen de erosión se determinó a partir de las mediciones del perfil antes y después de la tormenta, con las cuales también, se calculó el volumen y el porcentaje de arena erosionada. Estas mediciones se realizaron con una estación total. El régimen de erosión fue clasificado como a) lavado cuando el remonte del oleaje estuvo confinado a la playa, b) colisión cuando el remonte del oleaje ocurrió sobre la base de la duna y causó erosión, c) sobrelavado cuando el remonte del oleaje excedió la cresta de la duna y hubo erosión en dirección al mar y tierra adentro, y d) inundación cuando la duna permaneció bajo el agua.

### Resultados

#### Régimen de erosión

En los tres experimentos, en la tormenta de baja intensidad, el remonte del oleaje estuvo confinado en la base de la duna, es decir, la erosión ocurrió por colisión. En el experimento 1, este régimen se mantuvo en las tormentas de intensidad moderada y alta; no se observó que el incremento en la densidad de plantas modificará esta respuesta (Figura 4a). Por su parte, en los experimentos 2 y 3 en condiciones de tormenta media e intensa,

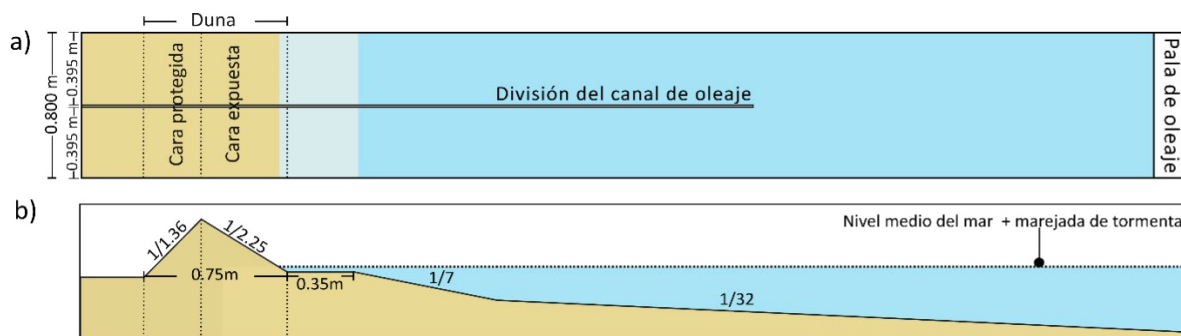


Figura 2. a) Canal de oleaje dividido para evaluar dos perfiles a la vez, y b) perfil de playa y duna

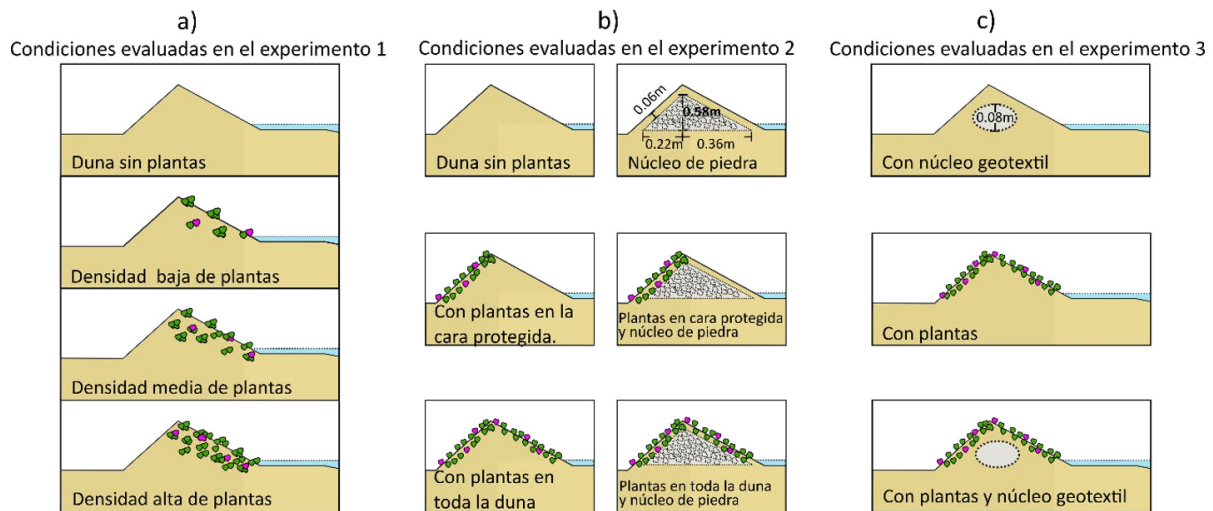


Figura 2. a) Canal de oleaje dividido para evaluar dos perfiles a la vez, y b) perfil de playa y duna

las olas remontaron hasta la cresta de la duna y provocaron la disminución de su altura (Figura 4 b y c). Finalmente, en condiciones de tormenta baja y media, las dunas con planta y geotextil mostraron la misma respuesta geomorfológica que las dunas con núcleo de roca; sin embargo, en condición de tormenta intensa el geotextil resultó ser más resistente ante la inundación por marejada.

#### Porcentaje de erosión

En el experimento 1 se registraron los menores valores de erosión independientemente de la densidad de plantas (Cuadro 1). En este experimento se observó que en la mayoría de los casos las plantas disminuyen la erosión; sin embargo, no se observó una relación clara entre el aumento de la densidad de plantas y la disminución de la erosión. Las tendencias variaron dependiendo de la intensidad de la

tormenta. Para el caso de la tormenta de baja intensidad, la densidad alta de plantas disminuyó la erosión; no obstante, la duna sin plantas no fue la más erosionada y las dunas con vegetación media se erosionaron más que aquellas sin plantas. En las tormentas moderada e intensa, las dunas sin plantas fueron las más erosionadas; para el caso de la tormenta intensa, la densidad alta de plantas fue la más efectiva (Cuadro 1).

En el experimento 2, los porcentajes de erosión incrementaron considerablemente. En este experimento destaca que las dunas con núcleo geotextil y sin plantas fueron las que sufrieron menor erosión en las tres intensidades de tormenta (Cuadro 1). Sin embargo, la erosión incrementó cuando la duna no tenía núcleo y plantas. También, se observó que la erosión incrementó en las dunas sin estructura y con plantas sólo en la cara protegida de la duna.

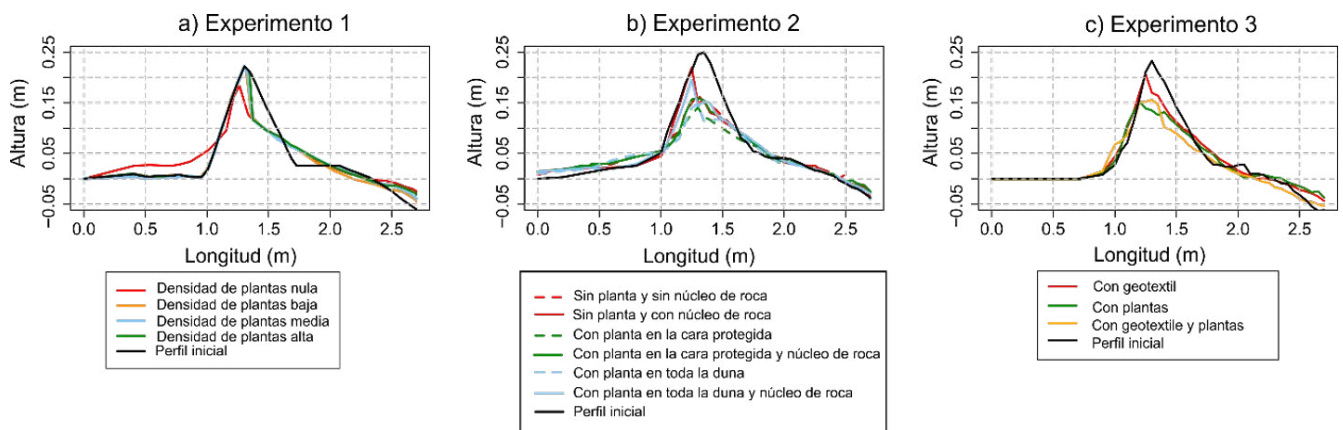


Figura 4. Ejemplo de la respuesta geomorfológica de las dunas en los tres experimentos durante tormenta intensa. En el experimento 1 se observó colisión mientras que en los experimentos 2 y 3 se observó sobrelavado de la duna.

Cuadro 1. Porcentaje de erosión de las 39 condiciones de dunas evaluadas. El incremento en la intensidad del color denota incremento en el porcentaje de arena erosionada.

Experimento	Condición		Erosión de la duna (%)		
	Densidad de plantas		Tormenta baja	Tormenta moderada	Tormenta intensa
Experimento 1	Nula		3.8	8.6	10.8
	Baja		3.8	4.3	6.7
	Media		4.1	6.2	6.9
	Alta		2.5	4.3	5.4
Experimento 2	Ubicación de las plantas	Núcleo			
	Sin plantas	Roca	8.6	12.2	14.0
	En toda la duna	Roca	12.7	17.2	15.5
	En la cara protegida	Roca	12.8	15.7	19.6
	Sin plantas	Sin núcleo	9.2	12.8	18.3
	En toda la duna	Sin núcleo	15.9	19.3	24.0
	En la cara protegida	Sin núcleo	15.2	27.1	25.7
Experimento 3	Densidad de plantas	Structure			
	Nula	Geotextil	12.6	12.6	4.8
	Alta	Geotextil	5.3	7.4	15.1
	Alta	Sin núcleo	4.3	5.2	11.9

Por su parte, en el experimento 3, en las tormentas baja y moderada, las dunas sin plantas y con tubo de geotextil fueron las más erosionadas. Le siguieron las dunas con geotextil y plantas; finalmente, las dunas con plantas y sin núcleo (con valores comparables a los del experimento 1 donde sólo se usaron plantas). Sin embargo, en la tormenta de alta intensidad, el tubo geotextil fue el menos erosionado, seguido de la duna con sólo plantas y la duna con plantas y núcleo geotextil (Cuadro 1). Finalmente, al comparar los resultados del experimento 2 y 3 se encontró que en la tormenta de baja intensidad la duna con núcleo de roca retuvo más arena en comparación con la duna con núcleo geotextil. En la tormenta moderada ambos núcleos fueron igual de efectivos, pero, en la tormenta intensa el núcleo de geotextil fue más efectivo. Para el caso de ambos núcleos con plantas, el geotextil fue más efectivo que el núcleo de roca en las tormentas de intensidad baja y moderada, mientras que ambos núcleos con plantas fueron igual de efectivos en la tormenta intensa.

### Conclusión

Se encontró que las plantas mitigan la erosión que induce el oleaje de tormenta; sin embargo, no se observó una relación clara entre el aumento de la densidad de plantas y la disminución

de la erosión. Por otra parte, cuando las dunas tienen núcleo de roca o geotextil son más vulnerables a la erosión. En especial, en el caso de núcleos de piedra, éstos disminuyen su eficiencia en presencia de plantas. Por su parte, las plantas pueden incrementar la resistencia de las dunas con núcleo de geotextil en condiciones de tormenta baja y media. Finalmente, no se observaron grandes diferencias entre el funcionamiento de núcleos de geotextil y de roca, por lo que estos últimos pueden ser una opción viable para sustituir a los primeros y evitar los daños que los geotextiles causan al sistema playa-duna.

### Para saber más

Maximiliano-Cordova, C.; Silva, R.; Mendoza, E.; Chávez, V.; Martínez, M. L. y Feagin, R. A. (2023). Morphological Performance of Vegetated and Non-Vegetated Coastal Dunes with Rocky and Geotextile Tube Cores under Storm Conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(11), 2061.

### Referencias

Sallenger Jr, A. H. Storm Impact Scale for Barrier Islands. *Journal of Coastal Research* 2000, 16, 890-895.

### PREMIOS A INVESTIGADORES DEL IIUNAM

Nuestras más sinceras felicitaciones para el Dr. Rodolfo Silva Casarín de la Coordinación de Hidráulica por haberse hecho acreedor al Premio Universidad Nacional 2023 en el área de Investigación en Ciencias Exactas que otorga la UNAM para reconocer la destacada trayectoria de las y los universitarios de nuestra máxima casa de estudios.

Igualmente nos da mucho gusto que el Dr. Julián Carrillo Reyes de la Unidad Académica Juriquilla haya recibido el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2023 en el área de Innovación Tecnológica y Diseño Industrial que otorga la UNAM para incentivar a las y a los jóvenes académicos (as) de nuestra máxima casa de Estudios para que continúen en el avance de la ciencia y la tecnología.



### PREMIO ABERTIS INTERNACIONAL

Felicitamos nuevamente a Óscar Eduardo Nieto Garzón, egresado de la UNAM quien recibió mención honorífica en el Premio Abertis Internacional con el mismo trabajo de investigación, con el que se hizo acreedor al Primer lugar del Premio Abertis - México a la mejor tesis nivel maestría: Relación de Transporte de carga con el ozono superficial y sus principales precursores en la ZMVM.

El trabajo lo desarrolló bajo la supervisión de la Dra. Angélica Lozano Cuevas, investigadora del IIUNAM. En esta ocasión participaron estudiantes de España, Francia, Italia, Puerto Rico, Chile, Brasil y México.

Enhorabuena.





## DESIGNACIÓN REPRESENTANTE DEL PERSONAL BIBLIOTECARIO

También felicitamos a la Lic. Josefina Elizabeth Plata García, por su reciente designación como representante del Personal Bibliotecario en el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y las Ingenierías (CAACFMI), ante el Consejo del Sistema Bibliotecario y de Información de la UNAM (SIBIUNAM), estamos seguros que su participación será importante en esta nueva encomienda. |



## 3<sup>ER</sup> ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

Con el propósito de dar a conocer el correcto manejo integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), se llevó a cabo el 3er Encuentro Latinoamericano de residuos de construcción, organizado en conjunto por el Consorcio Universitario para la Gestión Sostenible de los Residuos en LAC, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, la Universidad ISALUD, el Capítulo Regional ISWA LAC y con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Este encuentro es importante pues en estos países se ha visto que el desperdicio de residuos de construcción y demolición es más de lo que se genera de residuos sólidos urbanos, a pesar de que tiene un gran potencial, incluso, a pesar de que se cumple con la normativa para poder reciclarlo, es muy poco lo que se recicla.

Los principales temas que se trataron fueron: Regulación, Aprovechamiento sostenible, Valorización de los Residuos de Construcción y Demolición como materiales constructivos con enfoque en la economía circular; Caso de éxito de Puntos limpios, Planta de áridos, Planta de tratamiento y valorización de los RCD, Valorización y circulación en la gestión de este tipo de residuos y la presentación del Manual de RCD.

La Dra. Neftalí Rojas Valencia, académica del Instituto de Ingeniería participó activamente en este evento que consideró exitoso, ya que, a pesar de que se llevó a cabo de manera virtual, contó con 464 personas registradas y 205 participantes (144 vistas simultáneas máximas) de diferentes países de la región.

Hace falta promover estas acciones para aprovechar estos residuos que, como ya se dijo, reúnen las condiciones para reciclarlos -concluyó-.

Los ponentes del 3er Encuentro fueron: Marco Tulio Espinosa López de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, quien presentó la Gestión de RCyD en Bogotá, Colombia; Atilio Savino, del Capítulo Regional ISWA LAC, quien habló sobre la regulación de los RCyD; Constantino Gutiérrez Palacios de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, abordó el tema Aprovechamiento sustentable de los RCyD; Alejandra Tapia, Coordinadora de Sustentabilidad, Construye 2025, mostró la Hoja de ruta RCD y Economía Circular en Construcción 2035, avances e iniciativas sectoriales; Neftalí Rojas Valencia del Instituto de Ingeniería, UNAM, explicó la Valorización de los RCD como materiales constructivos con enfoque en la Economía Circular en México. Otros expositores fueron: Eduardo Franchi de EVASA, Argentina, con el tema la Planta de Áridos de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina; Karen Aguilera de Revaloriza, Chile expuso la Experiencia chilena en la implementación de una planta de tratamiento y valorización de RCyD, desafíos y oportunidades para el avance normativo; Irma Mercante del Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS), Instituto de Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo la Valorización y circularidad en la gestión de los RCyD, y por último, Anibal Duran, Director Ejecutivo de la Asociación de Promotores Privados de la Construcción del Uruguay (APPCU) y Annel Garmendia, presidente de la Cámara de Empresas Gestoras de Residuos del Uruguay mostraron el Manual de Buenas prácticas en el manejo de ROCS. |

## TALLER DE CONFORMACIÓN DE LA “RED INTERNACIONAL PARA LA SOSTENIBILIDAD EN LA ECONOMÍA CIRCULAR (RISEC)”

El Taller tuvo como objetivo establecer las bases para la creación de la Red Internacional para la Sostenibilidad en la Economía Circular (RISEC), para lo cual, se presentaron proyectos y experiencias que muestran la necesidad de incluir la sostenibilidad en la economía circular y se formaron grupos que trabajaron de manera participativa para definir la misión, visión, objetivos y estructura de la RISEC.

El Taller para la conformación de la RISEC fue organizado por la Dra. Leonor Patricia Güereca del Instituto de Ingeniería de la UNAM, por el Dr. Nicolás Merveille de la Universidad de Quebec en Montreal (UQAM) - Centro Interdisciplinario de Investigación para la Operacionalización del Desarrollo Sostenible (CIRODD) y por el Dr. Alejandro Padilla de la Universidad de Calgary.

El evento tuvo un enfoque interdisciplinario y transversal que incluyó la participación de académicos, miembros del sector empresarial y del sector gubernamental, contando con las exposiciones del Dr. José Bernardo Rosas de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México; Francois Bellerive de la Delegación General de Quebec en México; Olivier Schoefs de la Universidad Tecnológica de Compiègne en Francia; Claudia Hernández Fernández



de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México. Además de las empresas TETRA PAK, Cuidado con el Perro, Hagamos Composta y académicos del Tecnológico de Monterrey, Universidad de Monterrey, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma de Yucatán, así como participantes de varias dependencias de la UNAM como LANCIS, COUS, CEIICH, Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad y Posgrado en Ingeniería Ambiental, entre otros.

El Taller fue inaugurado por la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del Instituto de Ingeniería de la UNAM; quien comentó que estamos a las puertas de la quinta revolución industrial, cuya finalidad es proteger al planeta, lo cual, nos invita a realizar investigación para aprovechar los residuos y disminuir la huella de carbono para mitigar impactos como el que recientemente sufrimos en Acapulco, con el Huracán Otis, cuyos orígenes están en el cambio climático. Situaciones como ésta nos hace reflexionar sobre la necesidad de unir esfuerzos entre el gobierno, la sociedad y la academia.

Por su parte, la Dra. Patricia Güereca -afirmó- que la economía circular es un tema importante que tiene que ver con los residuos, la biomasa, la sustentabilidad y las políticas públicas. Es un hecho que la economía circular y el impacto social no se han relacionado, por ello, en este Taller debemos abordar el impacto social, la educación y la resiliencia.

Los resultados del Taller se están analizando para generar un informe que guíe la confirmación de la RISEC.

El Taller se llevó a cabo de 30 y 31 de octubre de 9:30 a 16:30 en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth, Instituto de Ingeniería, UNAM. |

## CURSO DE RIESGO AMBIENTAL EN EL ENTORNO URBANO

Rosa María Ramírez Zamora, directora del IIUNAM, afirmó que este curso será de mucho beneficio en el entorno humano; ahora, con mayor frecuencia enfrentamos mayor número de riesgos de desastres como el del Huracán Otis en Acapulco. Estamos en el proceso de entender estos fenómenos que son efectos del cambio climático causado por actividades humanas que no hemos sido capaces de controlar.

Estos efectos son muy graves, son problemas que las futuras generaciones tendrán que enfrentar, no sólo desde el punto de vista de la academia, el gobierno y las empresas, sino también, la sociedad deberá participar tomando acciones para cuidar el medio ambiente.

Me da mucho gusto ver -continúo la Dra. Ramírez Zamora- que hay 145 personas inscritas: 105 de manera remota y 39 de manera presencial; participan varias universidades, incluso hay dos de Argentina, dos de Perú y una de Colombia.

De los problemas que se nos presentan debemos encontrar oportunidades para resolverlos entre quienes vivimos en este planeta.

El curso lo organizó la Dra. Rosa María Flores Serrano y participaron la Lic. Sandra Olga Demichelis, académica de la Universidad Nacional de Lanús y presidenta de la Sociedad de Ecotoxicología y Química Ambiental de Argentina junto con el Dr. Yu Chen del Centro de Ingeniería Global de la Universidad de Toronto, Canadá.



## LEGISLADORES DEL ESTADO DE CALIFORNIA, USA, VISITARON AL IIUNAM

El 3 de noviembre algunos legisladores del estado de California USA, visitaron al Instituto de Ingeniería previo contacto con la Coordinación de la Investigación Científica y con ALIANZA MX.

Los legisladores están interesados en el tema del agua, específicamente en el Manejo de fuentes de suministro, en el Manejo integrado de los recursos hídricos, en los Recursos

costeros y marítimos y en la Ordenación, manejo y gestión de cuencas hidrográficas

En presencia de la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del Instituto de Ingeniería, el Dr. Fernando González Villarreal abordó el tema de la seguridad del agua y se refirió a algunos de los proyectos que ha realizado como el Inventario de humedales, el Plan de seguridad hídrica en la subcuenca Mezcalapa-Zamaria Tabasco y el Análisis de información existente de gestión integral del riesgo por inundaciones.

Posteriormente, la Dra. Maritza Arganis en representación del Dr. Ramón Domínguez Mora habló sobre el proyecto de Operación óptima de presas hidroeléctricas, sobre el Manejo integral de las cuencas y de las fuentes de suministro y sobre el Proceso del manejo de cuencas y modelar sus efectos en relación a lluvia – escurrimiento, en particular, en tormentas severas.

Finalmente, el Dr. Christian Appendini mencionó que dentro de los proyectos que se están realizando en la Unidad Académica de Sisal, se encuentra el del Transporte del sargazo, las energías renovables, los ciclones tropicales y el cambio climático. También comentó que tienen un laboratorio de Resiliencia costera.

Para concluir la Dra. Rosa María Ramírez Zamora agradeció la visita de los legisladores y subrayó que los trabajos presentados son sólo una pequeña muestra de las investigaciones que se están realizando en el IIUNAM.



## ENSURE

La compañía Ensure (<https://ensure-ks.com/>), fabricante de diversos componentes ópticos, donó al Instituto de Ingeniería de la UNAM tres amplificadores ópticos y un banco de filtros WDM para combinar y separar canales ópticos en un enlace de comunicaciones.

Con esto -afirmó la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del IIUNAM- la empresa Ensure apoya a la investigación en el área de Telecomunicaciones de nuestro Instituto al fortalecer la infraestructura universitaria. Espero que ésta sea el inicio de colaboraciones en varios ámbitos y que sean éstas muy exitosas.

Por su parte, el Lic. Ludovico Canovai, *International Sales Manager de la empresa ENSURE*, agradeció al IIUNAM por formar parte de este proyecto. En estas instituciones -dijo- está la base del desarrollo de nuestra sociedad y el futuro de las generaciones. Con estos equipos se van a desarrollar varios proyectos. Nosotros tenemos veinte años de experiencia y el IIUNAM es una institución reconocida a nivel mundial, este es el comienzo de una relación con beneficios para ambos.

Al tomar la palabra, Christian Gómez, *Latin America Sales Manager de ENSURE* -expresó que- el día de hoy es muy emotivo para nosotros, el hecho de colaborar con la Máxima Casa de Estudios, sobre todo con el Instituto de Ingeniería, es muy provechoso, estamos contentos de ser parte del crecimiento y desarrollo de las futuras generaciones. Promover el tema de la educación de calidad y la investigación, es, sin

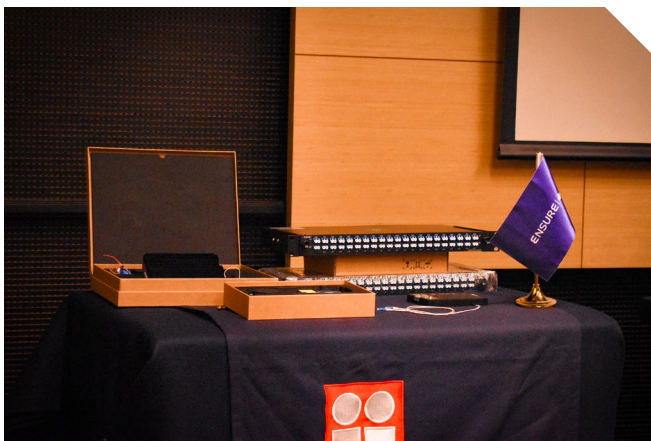


duda, algo que compartimos en conjunto. Somos una compañía que nació en China en 2002 fabricando productos y componentes pasivos para el sector de fibra óptica. Gracias a la calidad de nuestros productos, hemos mantenido un crecimiento constante con producción a nivel global. A partir de 2020, la empresa adoptó una política ecológica utilizando material reciclable y biodegradable. Deseamos que estos equipos permitan alcanzar y, sobre todo, colocar más altos los objetivos que tiene la Universidad en investigación y desarrollo.

Por último, el Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón, Investigador de la Coordinación de Eléctrica y Computación mencionó que estos equipos son muy útiles para el desarrollo de varios proyectos en curso y próximos a realizarse en el Laboratorio de Telecomunicaciones Ópticas, donde colaboran estudiantes de todos los niveles.

El primer amplificador donado se basa en el empleo de tecnología Raman, que exhibe altas prestaciones. El segundo es un amplificador óptico de semiconductor; éste, a diferencia de los amplificadores Raman, se caracteriza porque es muy pequeño; realmente es un *chip* que mide cerca de 1 mm, con un potencial de integración muy valioso para el desarrollo de equipos de telecomunicaciones. El tercero es un amplificador de fibra dopado de erbio, normalmente conocido como EDFA, el cual es muy utilizado en diversas aplicaciones.

Se espera un rico intercambio de información entre el Grupo de Telecomunicaciones y la empresa Ensure, lo que seguramente será de gran utilidad para ambos. |



# LOS DOCTORES ENRIQUE Y RICARDO CHICUREL UZIEL Y SU LEGADO

La Academia Mexicana de Ingeniería, el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Facultad de Ingeniería de la UNAM, organizaron una Exposición Homenaje a los Hermanos Chicurel: Ricardo y Enrique, en la explanada del Centro de Ingeniería Avanzada de la Facultad de Ingeniería. La exposición mostró muchos de los avances en ingeniería promovidos o creados por los Dres. Chicurel, haciendo énfasis en las numerosas patentes obtenidas por ellos, tanto en forma individual como entre ambos. Además de las descripciones de patentes, desarrollos e innovaciones, se presentaron dos videos donde se puede apreciar la vitalidad y entusiasmo de los dos investigadores en torno a los temas de ingeniería.



Si bien, la Exposición fue un punto importante del homenaje, más significativas resultaron las palabras de los organizadores, quienes pusieron de relieve la alta calidad moral de los dos Hermanos y sus dotes de maestros, enfatizando en el gran número de magníficos ingenieros formados bajo la tutela Chicurel.

Entre los principales oradores de la inauguración estuvo la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del IIUNAM; el Dr. Hernández Espriú, director de la Facultad de Ingeniería; la Dra. Mónica Barrera, presidenta de la Academia Mexicana de Ingeniería; el Dr. Palacio Pérez, subdirector de Electromecánica en el IIUNAM y el Dr. Guillermo Aguirre Esponda, principal promotor de este sencillo y emotivo homenaje a dos pilares de la ingeniería mexicana, sembradores de ideas innovadoras de aplicación universal y de especial beneficio para México. |

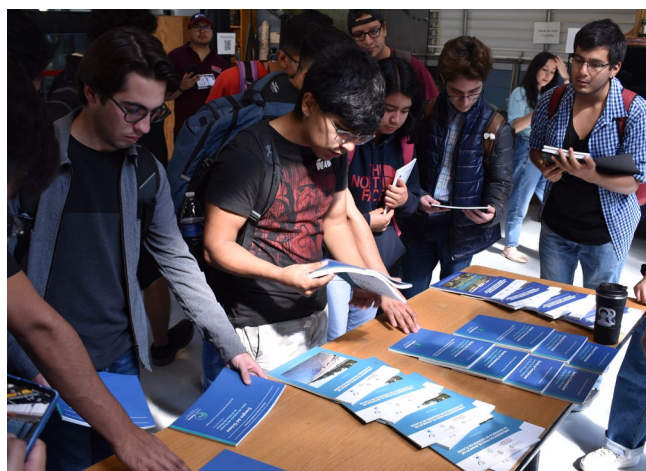
## PUERTAS ABIERTAS 2023

El Instituto de Ingeniería abrió las Puertas de 25 laboratorios y áreas de investigación para mostrar el trabajo que realiza y la infraestructura con que cuenta esta dependencia. El evento estuvo dirigido a estudiantes de los últimos semestres de la licenciatura en ingeniería con la finalidad de que se interesen en cursar estudios de posgrado para que, con la información que se les proporciona en Puertas Abiertas puedan elegir el área de investigación que les interesa.



Asistieron aproximadamente 250 personas principalmente de la Facultad de Ingeniería y de Química de la UNAM, IPN, Universidad Anáhuac, Universidad del Bienestar, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, UAM Xochimilco y La Salle Pachuca.

Los estudiantes que asistieron al registrarse opinaron que fue una experiencia muy interesante, desde la plática de bienvenida en el auditorio, hasta los recorridos muy bien explicados y dinámicos, una gran experiencia sin duda.



Es increíble cómo el trabajo que realizan dentro de esta institución ayuda a mantener al país dentro de una seguridad tan completa para las emergencias que surgen. Puerta Abiertas debería durar dos días ya que por los horarios de la escuela no da tiempo de recorrer todos los laboratorios. |



## DESFILE DE DISFRACES HECHOS CON RESIDUOS

El pasado 27 de octubre la Dra. Neftalí Rojas Valencia organizó un desfile de disfraces hechos con residuos con la intención de fomentar la cultura del reciclaje.

En esta ocasión participaron:

Guadalupe Bello López  
Reina Amidala - La saga Star Wars (primer lugar)

Calderón Rivas Xiomara Cecilia  
Catrina (Segundo lugar)

González Rosa Greisi de la Caridad  
Catrina (tercer lugar)

Andrea López Bello (Externo)  
Depredadora (cuarto)

Alfonso López Castillo (Externo)  
Depredador (Quinto lugar)

Por su parte, la Dra. Rosa María Ramírez Zamora felicitó a los participantes por utilizar el espíritu festivo y hacer uso del ingenio.



### CALavera PARA EL DESFILE DE DISFRACES por Verónica Benítez

La parca andaba perdida  
Y al Instituto llegó  
Por ahí esta Neftalí  
Y muy pronto se acercó

Vio que había muchos disfraces  
que llamaron su atención  
están hechos con residuos  
Y contenta se quedó

Apoyan el reciclaje  
Y luego, luego pensó  
A este grupo de muchachos  
Hoy, no me los llevo yo





INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM®

Feliz  
Navidad

y

Próspero año nuevo

2024

