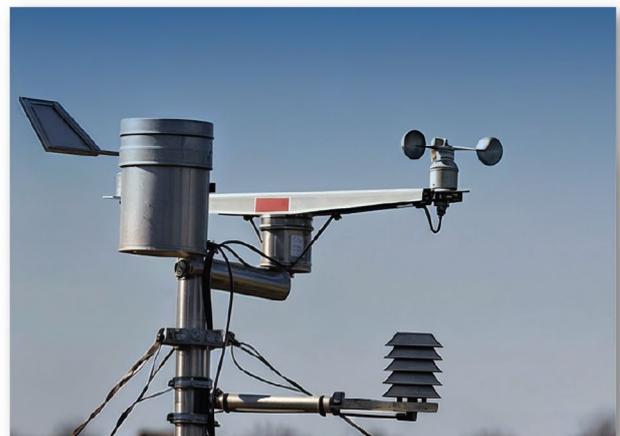




GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

ISSN: 1870-347X

No. 170 | enero - febrero 2025



Cables
superconductores

Descifrando las Funciones
de los Microbiomas
en Ingeniería Ambiental

Laboratorio de Vías Terrestres,
II-UNAM

Análisis de consistencia
de datos meteorológicos
¿cuál estación elegir?

EDITORIAL

El inicio del 2025 ha representado grandes retos académicos como administrativos tanto a la UNAM como al Instituto de Ingeniería, para realizar de manera adecuada las labores sustantivas de esta gran institución. El primer reto ha sido el programa de racionalidad presupuestal 2025 que contiene más restricciones de las que normalmente se han tenido a lo largo de la última década. El segundo reto que enfrentaremos a lo largo de los siguientes cuatro años, son las políticas económicas y sociales que a nivel internacional imponga el gobierno de los Estados Unidos, encabezados por el Presidente Donald Trump. Otro reto a superar es el impacto adverso que seguimos teniendo por la pandemia de la COVID-19. Asimismo, el último reto es la creciente revolución tecnológica que estamos viviendo, la cual es muy importante que procuremos incorporar a nuestros proyectos de investigación, además de realizarlos de manera conjunta con las diversas disciplinas de la ingeniería que cultivamos en nuestro instituto, todo esto con el fin de presentar soluciones integrales a los grandes problemas del país. Como consecuencia de esto, además de ser más competitivos, seguiremos reforzando el gran prestigio que hemos tenido ante el Gobierno, el sector empresarial y, sobre todo, ante la sociedad.

De hecho, antes de tener estos importantes retos, como puede verse en el manifiesto en la presentación del Informe de Actividades 2024, ya hemos empezado a observar de manera reiterada en los dos últimos años, resultados negativos en la productividad académica y en la obtención de recursos, que son preocupantes. Lo anterior, ha impactado principalmente en la tasa de artículos publicados al año por el personal de investigación y en los recursos de patrocinio blando y duro. Esto, a pesar de los reiterados esfuerzos de una gran mayoría del personal académico para publicar artículos con factor de impacto y para obtener recursos de ingresos extraordinarios. Asimismo, aunque la Administración ha desplegado una fuerte campaña de visualización en diferentes medios institucionales del trabajo realizado y el que pueden llevar a cabo las y los investigadores de nuestro Instituto sigue faltando mayor interacción con los sectores externos. El más reciente ejemplo de apoyo, es la difusión en la Gaceta UNAM de la tecnología innovadora para el tratamiento de aguas residuales y producción de biomasa microalgal con enfoque sustentable, trabajo desarrollado por la Dra. María Teresa Orta y los integrantes del Grupo Interdisciplinario de Investigación, financiado por el II UNAM. Sin duda, esto ha ayudado, pero se

requieren hacer mayores esfuerzos para la divulgación de nuestras capacidades.

Considerando todo lo anterior, es urgente implantar medidas más relevantes para contrarrestar estos malos efectos. Una de ellas es que todos los miembros de la comunidad académica del Instituto de Ingeniería unamos nuestros esfuerzos para presentar propuestas de proyectos interdisciplinarios a los sectores gubernamental y privado, para resolver sus problemáticas y, en consecuencia, las de México. En este sentido, ya he presentado ante una Secretaría de Estado al grupo de académicas y académicos que pueden atender seis necesidades que manifestó esta dependencia y, que espero nos puedan favorecer con su preferencia. También se tendrá una reunión con funcionarios de otra Secretaría de Estado para poner a su consideración estudios que beneficiarán al país.

En otro orden de ideas, aprovecho este espacio para felicitar al Dr. Luis Esteva Maraboto, por su cumpleaños número 90 y por el homenaje a su trayectoria organizado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. También manifiesto una gran felicitación al Dr. Ramón Domínguez Mora, por el reconocimiento otorgado por el CENAPRED por su destacada trayectoria en la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil. Finalmente, me congratulo en felicitar al Dr. Germán Buitrón Méndez por haber recibido de manos del Gobernador del Estado de Querétaro, el Premio al Mérito Empresarial Querétaro 2024 en la categoría de Ciencia y Tecnología, por la contribución y consolidación del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación de ese Estado.

Por otra parte, quisiera invitarlos a participar activamente en el ciclo de conferencias que, con motivo del Día Internacional de la Mujer, serán impartidas por cinco investigadoras pioneras del II UNAM, quienes presentarán sus perspectivas en los campos de investigación en que se han desarrollado y, en las que se podrían encontrar oportunidades para la innovación.

Concluyo como siempre, enviándoles mis mejores deseos de éxito para este 2025 y tengan la seguridad que estamos trabajando arduamente para apoyarlos en las labores sustanciales que debemos realizar. |

Cordialmente,

Dra. Rosa María Ramírez Zamora
Directora - Instituto de Ingeniería, UNAM

Rector
Dr. Leonardo Lomeli 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 Electromecánica
Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón

Subdirectora de Unidades Académicas Foráneas
Dra. Idania Valdez Vázquez

Secretaría Académica
Dra. Norma Patricia López Acosta

Secretaría Administrativa
Mtra. Dulce María López Nava

Secretario Técnico
Arq. Xavier Palomas Molina

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 II UNAM

Diseño
Lic. Oscar Daniel López Marín

Corrección de estilo
Ling. María de los Ángeles Negrete Orozco

CABLES SUPERCONDUCTORES

FREDERIC TRILLAUD

Los superconductores comerciales son capaces de transmitir grandes cantidades de corriente y, por ende, grandes cantidades de energía eléctrica a los consumidores de la red eléctrica con alta eficiencia, ya que no presentan resistencia en corriente directa y, además, tienen pérdidas despreciables en corriente alterna. Su diseño original se basó sobre la topología de los cables submarinos convencionales, utilizando entonces alambres superconductores de baja temperatura crítica operados a $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ (4.2 K) en el helio líquido. Hoy en día, se utilizan cintas superconductoras de alta temperatura crítica operadas a la temperatura del nitrógeno líquido de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (77.3 K), y existen una gran variedad de diseños tanto para los cables de corriente continua como los cables de corriente alterna, reemplazando así los conductores convencionales tales como el cobre y el aluminio por superconductores comerciales.

Estas condiciones representan una ventaja importante pues al usar superconductores dentro de un solo cable puede fluir gran cantidad de energía lo que no es posible en los cables convencionales. Típicamente, un cable superconductor puede transmitir entre 3 y 5 veces más corriente que un cable convencional, dependiendo de la aplicación con menos pérdidas, lo que permite ahorrar espacio y reducir la inversión necesaria para su implementación. Es una solución técnico-económica prometedora para responder al crecimiento de la demanda en sitios urbanos congestionados (centros urbanos densos), donde no hay espacio para instalar nuevas subestaciones eléctricas o instalar nuevos equipos. Aunque la tecnología todavía está evolucionando, se estima un retorno de inversión del orden de 3 años [1].

El desarrollo de los cables superconductores se inició hace 6 décadas con la comercialización de los superconductores de baja temperatura crítica, el NbTi y el Nb3Sn. El NbTi sigue siendo el compuesto intermetálico más utilizado en el mundo. Ambos superconductores son operados a la temperatura del

helio líquido, $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que conlleva dificultades técnicas e infraestructurales para almacenar el líquido y mantenerlo a temperatura criogénica. Por eso, el uso de la tecnología en el contexto de la generación, distribución y transmisión de energía eléctrica no fue realmente considerado antes de la década de los 80 cuando se descubrieron los superconductores de alta temperatura crítica (1985). Dentro de esta familia de nuevos superconductores, se encuentran el BSCCO y el REBCO, la primera y segunda generación de superconductores de alta temperatura crítica. Ambos son materiales cerámicos que pueden ser utilizados a la temperatura del nitrógeno líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) con densidades de corriente mayores a las de los superconductores de baja temperatura crítica. A diferencia del helio líquido, el nitrógeno, que representa el 80 % del aire que respiramos, es fácil de producir, económico y conocido por el sector eléctrico; al menos en su forma de gas, por ejemplo, en las centrales térmicas de ciclo combinado. Así, la infraestructura para manejar el nitrógeno líquido es mucho más sencilla y económica que la necesaria para almacenar y operar el helio líquido. Con su gran capacidad para transmitir corriente y una infraestructura conocida y fácil de integrar en la red eléctrica, varios proyectos de cables superconductores de alta temperatura crítica han sido implementados en las redes eléctricas nacionales en diferentes países, incluyendo a México.

En México, el Centro de Investigación y Desarrollo CARSO (CIDEC) del grupo Condumex, en colaboración con la Comisión Federal de Electricidad en 2010 instalaron, tres fases de cable superconductores en la subestación Satélite de la ciudad de Querétaro [2,3]. Estos cables demostraron a nivel nacional la factibilidad de la tecnología. En el mundo, los proyectos más recientes de gran escala incluyen el proyecto Ampacity en Essen, Alemania (2014) [4], el proyecto de cable del distrito Xuhui, en Shanghai, China (2021) [5] y el proyecto SuperRail, en París, Francia (2023) [6]. La figura 1 muestra el recorrido de los cables superconductores para el proyecto chino y alemán.

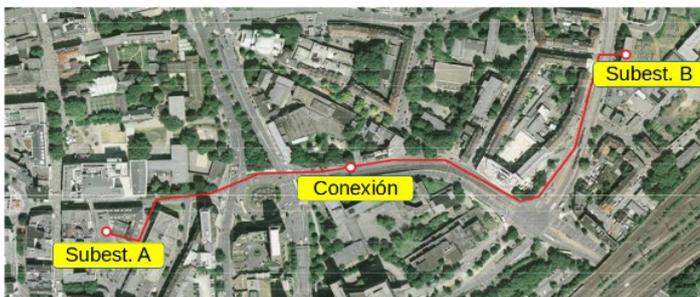


Figura 1. A la izquierda, recorrido del cable superconductor en Essen, Alemania mostrando una conexión eléctrica intermedia [4].

A la derecha, recorrido previsto del cable superconductor para el distrito Xuhui, en Shanghai, China [5] donde las flechas blancas indican las conexiones eléctricas intermedias. En ambos casos, los cables conectan dos subestaciones, subestaciones A y B

Un dato importante, el proyecto SuperRail corresponde a la instalación de un cable superconductor en la estación de tren Montparnasse, en París, operado en nitrógeno líquido a 1.5 kV/3.5 kA para una longitud de 60 m; la idea consiste en brindar más potencia a la red para garantizar su estabilidad bajo una carga creciente de 200,000 pasajeros con 750 trenes diarios aprovechando las pocas vías de cables existentes [7].

Durante dos décadas, el BSCCO, superconductor de alta temperatura crítica de primera generación, fue el material preferido para construir cables superconductores. Su costo depende en gran medida del costo de la plata, lo que impone un precio mínimo para la tecnología independientemente del escalamiento de su fabricación. Siendo un costo del orden de US\$100-200/kA-m [8], muchas empresas han preferido invertir en el REBCO, superconductor de alta temperatura crítica de segunda generación. Efectivamente, podría ser competitivo en contra de los materiales convencionales con el potencial de alcanzar un precio del orden de US\$25/kA-m o menos (de 4 a 8 veces menos costo que el BSCCO). Además de las proyecciones económicas, el REBCO presenta menos pérdidas en corriente alterna que el BSCCO permitiendo teóricamente diseñar componentes eléctricos aún más eficientes. La figura 2 muestra la ilustración del área transversal de las cintas comerciales BSCCO (arriba) y REBCO (abajo).

Esas cintas se enrollan sobre un soporte metálico como se observa en la figura 3. Esta misma figura muestra un dibujo de un cable superconductor con las tres fases hechas de capas de cintas superconductoras. En este caso, esas tres fases se encuentran en un solo ducto con un aislamiento eléctrico frío (tri-axial™). Aquí, la estructura del cable es de tipo coaxial con las cintas superconductoras trenzadas con un ángulo de trenzado de algunos grados.

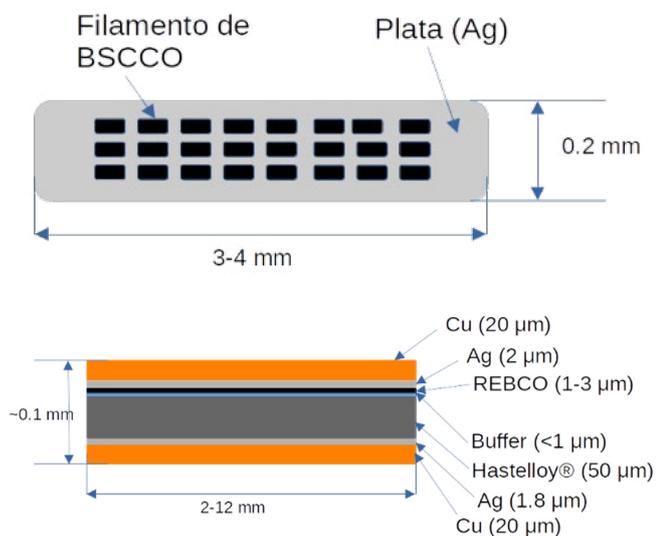


Figura 2. Arriba (a), ilustración de una cinta comercial de primera generación o BSCCO, los filamentos de BSCCO se encuentran enrollados por plata (del orden de 60 % de plata). Abajo (b), una cinta estabilizada de segunda generación o REBCO formando una estructura multicapa. Ambas ilustraciones no son a escala

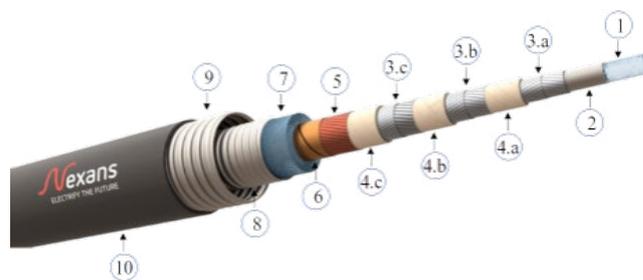


Figura 3. ejemplo del diseño de un cable superconductor de tipo coaxial con las tres fases en un solo ducto de la empresa Nexans S.A. [10]. 1) nitrógeno líquido caliente, 2) ducto interno, 3.a) fase a superconductor, 4.a) aislamiento eléctrico, 3.b) fase b superconductor, 4.b) aislamiento eléctrico, 3.c) fase c superconductor, 4.c) aislamiento eléctrico, 5) escudo de Cu, 6) aislamiento externo, 7) nitrógeno líquido frío, 8) ducto corrugado para guiar el fluido criogénico permitiendo una cierta flexibilidad mecánica, 9) criostato corrugado permitiendo el vacío entre 8), 9) y 10) aislamiento térmico

Varias capas de cintas conectadas en paralelo permiten transmitir corrientes hasta $5 \text{ kA}_{\text{rms}}$ a la tensión de la red eléctrica de hasta 275 kV cubriendo aplicaciones en la distribución y transmisión de energía [9]. Sin embargo, existen varias configuraciones de cables permitiendo aplicaciones en corriente alterna o en corriente continua [11]. La aplicación más común de los cables superconductores hasta el día de hoy ha sido en las redes eléctricas de distribución, aunque algunos proyectos han considerado su uso para transmisión [12].

No son productos comerciales estandarizados. No existen aún normas relacionadas con esta tecnología, pero el grupo técnico TC 90 superconductividad de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC por sus siglas en inglés) formado por académicos y empresas, trabajan en favor de la normalización de las tecnologías superconductoras [13, 14], desde las cintas comerciales hasta el producto final lo que es un paso importante para proporcionar productos robustos para el sector eléctrico y una condición necesaria para la instalación de equipos en las redes nacionales. Sin embargo, como se mostró en los proyectos mencionados anteriormente, se han instalado cables superconductores en redes para responder a un reto tecnológico específico con una solución ad hoc, que tecnologías más convencionales no nos pueden proporcionar.

En este contexto, el grupo de trabajo en las aplicaciones de la superconductividad del Instituto de Ingeniería de la UNAM, liderado por el Dr. Frederic Trillaud, busca desarrollar nuevos cables superconductores basados en la segunda generación de superconductores de alta temperatura crítica, el REBCO. Así, se han desarrollado cables superconductores de potencia, con superconductores de alta temperatura crítica de segunda generación, para su aplicación en la red eléctrica [15]. Esos cables tienen menores pérdidas que los superconductores de primera generación incrementando la eficiencia y por ende permitiendo disminuir la generación de CO_2 . Un primer prototipo ya fue evaluado en México, y representa un primer avance para el desarrollo de esta tecnología de vanguardia en el país

capitalizando sobre el conocimiento adquirido por Servicio Condumex S.A. desde los años 2000 con cables superconductores de primera generación.

El objetivo no es competir en contra del sector industrial, sino proporcionar herramientas de diseño y un servicio de caracterización eléctrica en corriente continua y corriente alterna de cintas superconductoras comerciales utilizadas para construir los componentes superconductores, como son los cables, los limitadores de corriente de falla y los transformadores, entre otros y adicionalmente proporcionar modelos fieles del comportamiento de esos equipos en la red. La idea detrás de las caracterizaciones es obtener los parámetros eléctricos esenciales para poder definir el comportamiento eléctrico básico de los equipos superconductores. Estos parámetros indican la máxima corriente que puede transmitir el equipo a la temperatura del nitrógeno líquido de 77.3 K y el índice de transición definiendo la velocidad a la cual el equipo puede transitar de su estado superconductor a su estado resistivo. Un superconductor ideal está definido por un índice de transición infinito a la corriente crítica. Esos datos pueden ser utilizados en un modelo teórico a fin de estudiar el comportamiento del mismo equipo superconductor en la red eléctrica, en particular su comportamiento transitorio bajo fallas.

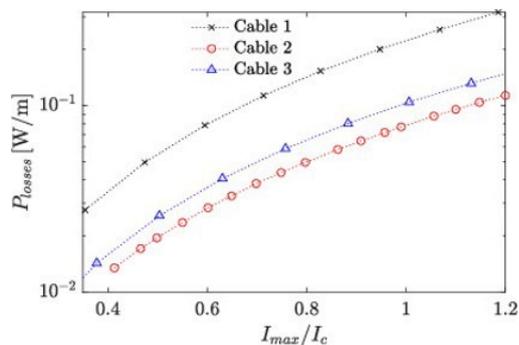


Figura 4. Arriba, tres modelos de cable superconductor hecho de REBCO (2 mm de ancho) construidos en el laboratorio de superconductividad y criogenia del Instituto de Ingeniería. Abajo, resultados de las mediciones en corriente alterna a 60 Hz de los tres modelos de cable llevadas a cabo en el laboratorio GeePs de la escuela Centrale-Supélec, Universidad Paris-Saclay, Francia

Un proyecto vigente, financiado en parte por el fondo PAPIIT de la UNAM y por el CONAHCYT permitirá construir y probar un banco de pruebas en el Instituto de Ingeniería para caracterizar tanto en corriente continua como en corriente alterna cintas y conjuntos de cintas superconductoras. Es particularmente difícil medir pérdidas en corriente alterna a la frecuencia de la red eléctrica debido a la pequeña razón de la señal sobre el ruido. En este contexto, las colaboraciones con otras universidades extranjeras son esenciales. En México, se pueden medir pérdidas con gran precisión a la frecuencia de 50 Hz, evitando la frecuencia de la red de 60 Hz, mientras que en otros países pueden medir a la frecuencia de 60 Hz, donde la frecuencia de su red es de 50 Hz. Por esta razón, se están duplicando en el Instituto de Ingeniería los experimentos de caracterización en corriente alterna que se encuentran en los laboratorios franceses GeePs de la escuela de CentraleSupélec y el GREEN de la Universidad de Lorena. Además de permitir el intercambio de datos relevantes para la operación de las cintas superconductoras, es una oportunidad para validar los sistemas experimentales tanto en los laboratorios extranjeros como en el del Instituto de Ingeniería. Estas validaciones son necesarias para lograr la normalización en la corriente directa y en la alterna de tecnologías superconductoras.

En el Instituto de Ingeniería, no se tiene aún la infraestructura eléctrica para poder caracterizar cables debido a la alta potencia requerida ($I > 1 \text{ kA}$, $V > 1 \text{ kV}$), pero se podría probar prototipos de cables como se muestra en la figura 4 ($I < 500 \text{ A}$, $V < 10 \text{ V}$). En este contexto, se realizaron tres modelos de cables idénticos que se midieron en el laboratorio GeePs de la escuela de ingeniería francesa CentralSupélec haciendo uso de la instalación criogénica y de potencia eléctrica del Prof. Loïc Quéval en 2023 [16,17]. El siguiente paso es el estudio experimental del comportamiento en régimen transitorio basado en una prueba de “hardware-in-the-loop” para acercarse a una condición de operación real en colaboración con el laboratorio GeePs. La idea es validar el modelo de cable superconductor realizado en el Instituto de Ingeniería. Este modelo validado podrá ser utilizado en simuladores de redes eléctricas para poder elegir la mejor topología de cable superconductor a través de estudios tanto técnicos y económicos beneficiando al país. |

Referencias



Consúltalas escaneando el código Qr

DESCIFRANDO LAS FUNCIONES DE LOS MICROBIOMAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

MIGUEL ÁNGEL VITAL JÁCOME

Introducción

Un microbioma es la comunidad de microorganismos (bacterias, arqueas, hongos, virus, etc.) que habita en un entorno específico. En las últimas décadas, el estudio de los microbiomas ha avanzado significativamente. Si bien los microbiomas humanos, como el intestinal y el cutáneo, han recibido gran atención, los microbiomas ambientales —presentes en suelos, aguas y aire— son igualmente importantes por su papel en los ciclos biogeoquímicos.

En ingeniería ambiental, estos microbiomas, también conocidos como comunidades microbianas, consorcios microbianos o cultivos mixtos, son fundamentales para la optimización de bioprocesos. Estos bioprocesos son utilizados en el tratamiento de aguas residuales, la biorremediación, la producción de biocombustibles y la valorización de residuos. Comprender el rol de los microorganismos en un microbioma dentro de un bioproceso es clave para mejorar la eficiencia de estos procesos desde la ingeniería.

Herramientas de Secuenciación

En los últimos años, las herramientas de secuenciación de alto rendimiento han transformado nuestra comprensión de la ecología microbiana, incluyendo la diversidad, distribución y abundancia de microorganismos en distintos entornos, así como sus interacciones. Sin embargo, aún existe un gran desafío en relacionar microorganismos específicos con sus funciones dentro del ecosistema.

Existen varias técnicas de secuenciación. La más completa es la secuenciación shotgun, que permite analizar todo el ADN presente en una muestra de microbioma. A diferencia de métodos que se enfocan en regiones específicas, esta técnica fragmenta el ADN en piezas pequeñas que luego se secuencian y ensamblan para reconstruir los genomas completos de los microorganismos presentes, generando datos metagenómicos. No obstante, esta técnica requiere una inversión considerable en tiempo y recursos económicos, además de herramientas bioinformáticas avanzadas para procesar y analizar los datos (Djemiel *et al.*, 2022).

Otra técnica de secuenciación es el metabarcoding, que utiliza regiones específicas del ADN, como el gen 16S rRNA en bacterias, para identificar las especies presentes. A diferencia del enfoque shotgun, que secuencia todo el ADN de la muestra, el metabarcoding se concentra en segmentos que actúan como "códigos de barras" para diferentes especies. Esta técnica es más rápida y económica, lo que facilita estudios a gran escala con recursos más limitados (Djemiel *et al.*, 2022).

Predicción Funcional

La predicción de las funciones de un microbioma se puede realizar con datos provenientes de secuenciación shotgun o de metabarcoding basado en el gen 16S rRNA. A continuación, se describen brevemente los métodos empleados para cada tipo de datos:

Datos metagenómicos:

Los datos generados por secuenciación shotgun se comparan con bases de datos genómicas que contienen secuencias de genomas completos de organismos conocidos, permitiendo la identificación de los microorganismos presentes en la muestra. Luego, estos datos se analizan con bases de datos funcionales, lo que permite traducir la información genética en funciones específicas, como la degradación de compuestos orgánicos o la fijación de nitrógeno. Existen herramientas especializadas para este propósito, como HUMAnN (HMP Unified Metabolic Analysis Network; (Abubucker *et al.*, 2012)), que utiliza bases de datos genómicas como UniRef y bases de datos funcionales como MetaCyc.

Datos de secuenciación 16S rRNA:

En este caso, las secuencias obtenidas se comparan con bases de datos de referencia, como SILVA o Greengenes, para la identificación taxonómica de los microorganismos. Herramientas como PICRUSt (Phylogenetic Investigation of Communities by Reconstruction of Unobserved States; (Douglas *et al.*, 2020)) y Tax4Fun permiten inferir funciones microbianas a partir de estas identificaciones, usando bases de datos funcionales como KEGG y MetaCyc para mapear las secuencias a genes y funciones conocidas. Este enfoque es más económico, aunque ofrece una menor resolución en comparación con los datos metagenómicos.

Para entender mejor la predicción funcional, es importante conocer cómo se conectan los genes con las funciones observadas en un microbioma (Fig. 1):

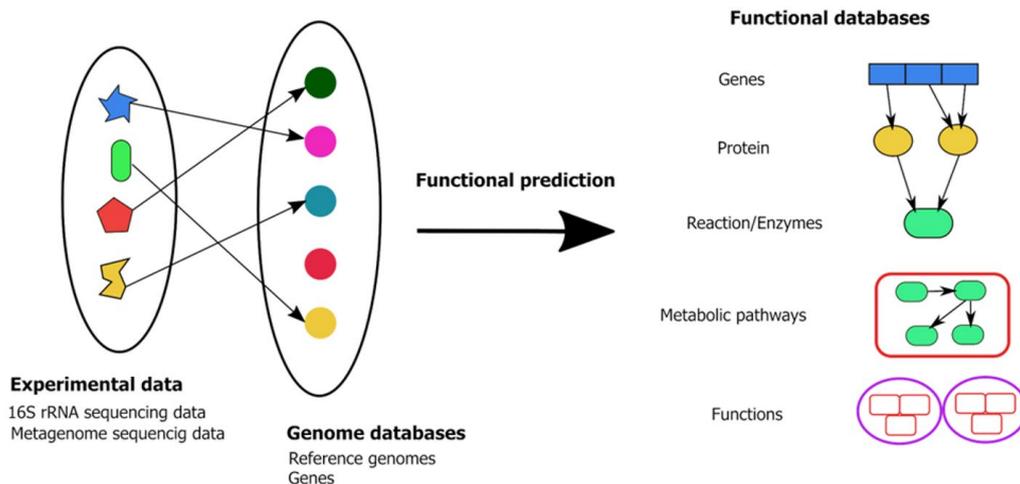


Fig. 1. Predicción funcional a partir de datos experimentales provenientes de la secuenciación del ADN.

- Genes: Segmentos de ADN que contienen instrucciones para construir proteínas.
- Proteínas: Moléculas formadas por aminoácidos que desempeñan funciones cruciales en los organismos.
- Enzimas: Proteínas que actúan como catalizadores en reacciones bioquímicas.
- Reacciones: Procesos bioquímicos dentro de las células facilitados por enzimas.
- Vías Metabólicas: Series de reacciones bioquímicas interconectadas que transforman moléculas.
- Funciones: Actividades metabólicas colectivas que surgen de la interacción entre diferentes vías metabólicas presentes en microorganismos.

Nuevas herramientas en el Instituto de Ingeniería

La Unidad Académica Juriquilla participa en el proyecto “Cambio de paradigma: residuos como materia prima para conciliar el eje agua-energía-ambiente-seguridad alimentaria” (Grupos Interdisciplinarios de Investigación del Instituto de Ingeniería, UNAM, No. 3406). Este proyecto busca proponer y evaluar procesos para la valorización de residuos, alineados con la economía circular. La meta es convertir residuos orgánicos en materia prima para producir energía renovable, productos de valor agregado y compuestos químicos que puedan ser utilizados en diversos sectores.

Dentro de este proyecto, el paquete de trabajo I3, enfocado en la microbiología de procesos, aplica herramientas genómicas y metagenómicas para optimizar procesos anaerobios de valorización de residuos. En este contexto, los que participamos en este proyecto, hemos incorporado a nuestra cadena de procesos para el análisis de comunidades, el análisis de perfiles funcionales. Este análisis se realiza mediante la herramienta PICRUSt2 lo que permite predecir funciones metabólicas a partir de

secuenciación 16S rRNA. Actualmente, también estamos en la tarea de integrar herramientas para el análisis funcional a partir de datos metagenómicos.

El uso de estas herramientas ha contribuido al desarrollo de nuevo conocimiento científico de alta calidad. Por ejemplo, hemos investigado procesos como la producción de metano a partir de efluentes de la industria vinícola y la generación de hidrógeno a partir de residuos lácteos (Muñoz-Páez et al., 2024; Vital-Jácome et al., 2024). El conocimiento generado sobre las funciones de los microorganismos en estos procesos complementa otros estudios de ecología microbiana y permite formular nuevas hipótesis sobre las interacciones en los microbiomas. La Fig. 2 y Fig. 3 muestran ejemplos del tipo de resultados obtenidos mediante el análisis funcional en dos casos de estudio.

Conclusión y perspectivas

El estudio de los microbiomas en ingeniería ambiental está abriendo nuevas posibilidades para el desarrollo de bioprocesos más eficientes y sostenibles. A medida que las técnicas de secuenciación, como la: secuenciación shotgun y el metabarcoding, y las herramientas bioinformáticas continúan avanzando, podemos obtener un conocimiento más detallado sobre la relación entre la diversidad microbiana y sus funciones. Este conocimiento ya se está utilizando para complementar investigaciones en otras disciplinas con enfoques integradores, como la biología de sistemas y la ingeniería metabólica, que en el futuro podrían permitir el diseño de microbiomas a medida para aplicaciones específicas en ingeniería ambiental. La integración de estos enfoques con nuevas tecnologías de ingeniería podría revolucionar la forma en que gestionamos los recursos naturales y abordamos los desafíos ambientales, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad global. |

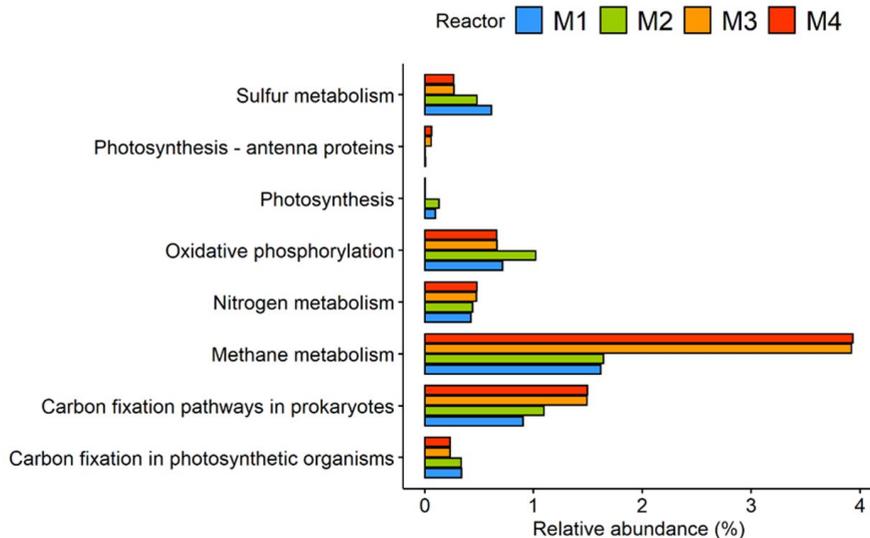


Fig. 2. Abundancia relativa de diferentes tipos de metabolismo, predicha para 4 configuraciones de reactor productor de metano a partir de efluentes de la industria del vino (M1-M4). Fuente: Vital-Jácome *et al.*, 2024.

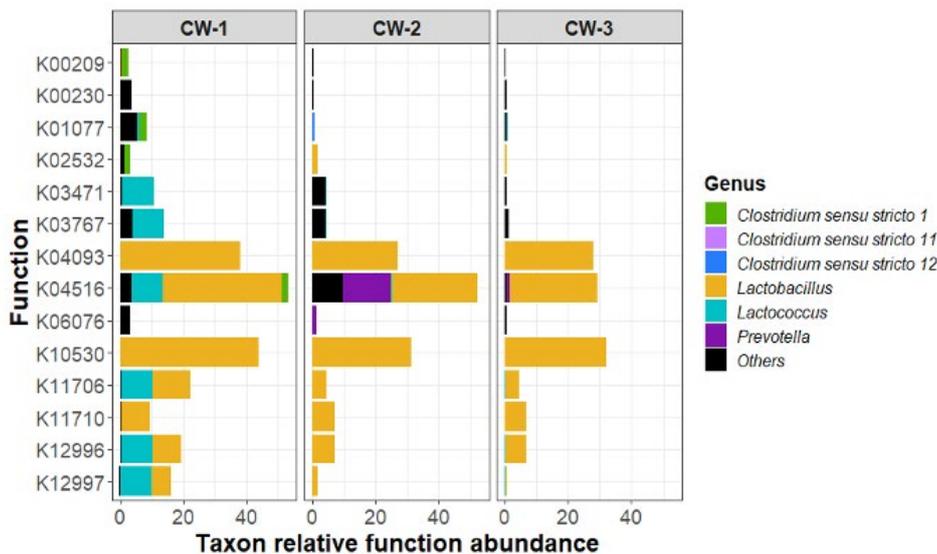


Fig. 3. Abundancia relativa por género de microorganismo, predicha específica para diferentes enzimas (Function) y para 3 condiciones de operación de un mismo reactor productor de hidrógeno a partir de suero de queso (CW-1-3). Fuente: Muñoz-Páez *et al.*, 2024.

Referencias

Abubucker, S., Segata, N., Goll, J., Schubert, A.M., Izard, J., Cantarel, B.L., Rodriguez-Mueller, B., Zucker, J., Thiagarajan, M., Henrissat, B., White, O., Kelley, S.T., Methé, B., Schloss, P.D., Gevers, D., Mitreva, M., Huttenhower, C., 2012. Metabolic Reconstruction for Metagenomic Data and Its Application to the Human Microbiome. *PLOS Comput. Biol.* 8, e1002358. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PCBI.1002358>

Djemieli, C., Maron, P.A., Terrat, S., Dequiedt, S., Cottin, A., Ranjard, L., 2022. Inferring microbiota functions from taxonomic genes: a review. *Gigascience* 11, 1–30. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giab090>

Douglas, G.M., Maffei, V.J., Zaneveld, J.R., Yurgel, S.N., Brown, J.R., Taylor, C.M., Huttenhower, C., Langille, M.G.I., 2020. PICRUSt2 for prediction of metagenome functions. *Nat. Biotechnol.* 38, 685–688. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0548-6>

Muñoz-Páez, K.M., Buitrón, G., Vital-Jácome, M., 2024. Predicting metabolic pathways and microbial interactions in dark fermentation systems treating real cheese whey effluents. *Bioresour. Technol.* 413. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131536>

Vital-Jácome, M., Carrillo-Reyes, J., Buitrón, G., 2024. Metabolic Functional Profiles of Microbial Communities in Methane Production Systems Treating Winery Wastewater. *Bioenergy Res.* 17, 669–680. <https://doi.org/10.1007/s12155-023-10633-3>

LABORATORIO DE VÍAS TERRESTRES, II-UNAM

MARIO FLORES GUZMÁN
Y ALEXANDRA OSSA LÓPEZ

Introducción

El Laboratorio de Vías Terrestres (LVT) Fernando Espinosa Gutiérrez del II UNAM, pertenece a la Coordinación de Geotecnia, y está bajo la responsabilidad de la Dra. Alexandra Ossa López, y como corresponsable el Dr. Mario Flores Guzmán. Dicho laboratorio inició sus actividades en 1970; desde entonces, las investigaciones realizadas ahí han tenido un impacto significativo en la elaboración de los criterios y las técnicas de ingeniería utilizados para el diseño de pavimentos, tanto en México como en el ámbito internacional.

El laboratorio se ubica en el edificio 6 del Instituto de Ingeniería de la UNAM, el área que ocupa es de aproximadamente 770 m², con espacios donde se caracterizan los suelos y agregados, asfaltos, mezclas asfálticas; además, cuenta con un espacio donde se determinan el desempeño de dichos materiales a través de ensayos estáticos y dinámicos.

Capacidades de pruebas e investigación

En el LVT se realizan investigaciones en temas de infraestructura del transporte (carreteras, aeropuertos y ferrocarriles) que incluye la calidad de los materiales. Cuenta con equipos

para la caracterización física y mecánica de los materiales que conforman las diferentes capas de los pavimentos, tales como agregados pétreos convencionales y reciclados (RAP, RCD, TiO₂, hule, escoria), suelos, geosintéticos, cementos asfálticos; convencionales y modificados, concretos asfálticos e hidráulicos. Asimismo, cuenta con una pista circular donde se estudian de manera acelerada y a escala natural diferentes modelos de pavimentos (figura 1); así como dos fosos de pruebas donde se aplican cargas cíclicas y se ensayan a escala natural pavimentos para carreteras y aeropuertos.

Actualmente, cuenta con equipos especializados para el análisis reológico de cementos asfálticos y suelos, análisis mecánico de concretos asfálticos mediante la metodología de análisis por desempeño que involucra aspectos como el daño por humedad, la deformación permanente, comportamiento viscoelástico y fatiga. El laboratorio cuenta con equipo convencional y especializado para la determinación de propiedades resilientes de suelos y materiales pétreos.

Recursos humanos

El Laboratorio de Vías Terrestres cuenta con tres miembros del personal académico, técnicos e investigadores, de tiempo completo que cubren las líneas de investigación relevantes de trabajos desarrollados, que han impactado e influido positivamente en la práctica del diseño de todo tipo de vías terrestres, no sólo en México, sino en varios países de Latinoamérica. Además, con este grupo de académicos colaboran laboratoristas, técnicos y estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado.

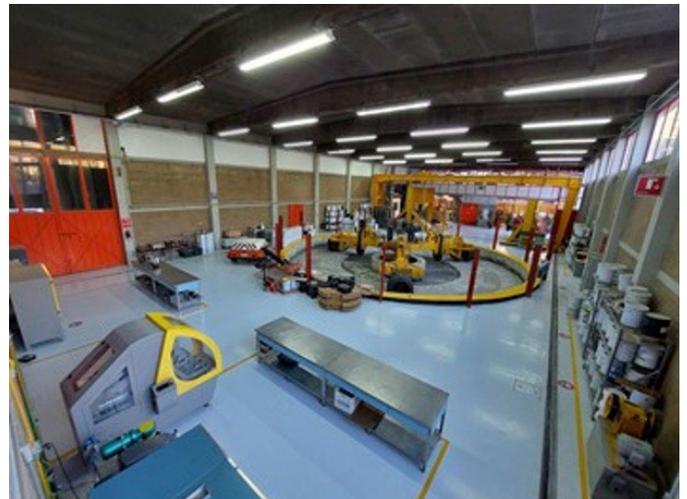


Figura 1. Instalaciones del Laboratorio de Vías Terrestres

Pruebas de Laboratorio

El laboratorio tiene la capacidad de realizar las siguientes pruebas:

A. Caracterización de agregados:

- Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos.
- Gravedad específica y absorción del agregado fino y grueso.
- Equivalente de arena en el agregado fino.
- Valor del azul de metileno del material filler.
- Resistencia a la degradación del agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles.
- Resistencia al intemperismo acelerado de los agregados.
- Porcentaje de partículas fracturadas del agregado grueso.
- Porcentaje de partículas planas y alargadas del agregado grueso.
- Prueba Proctor y Proctor modificada en 4 y 6" de diámetro.
- Valor Soporte de California (CBR) y expansión (Exp) en laboratorio.



Figura 2. DSR, Reómetro de corte dinámico



Figura 3. RTFO, Horno de película delgada rolada



Figura 4. PAV, Horno de envejecimiento a presión



Figura 5. Compactador giratorio SUPERPAVE

B. Caracterización de asfaltos:

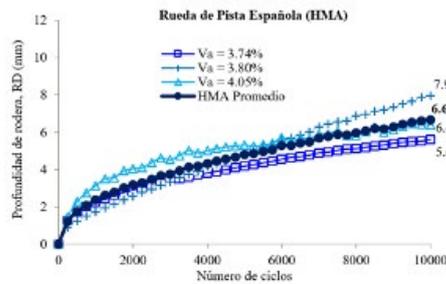
- Pruebas de viscosidad determinados con el viscosímetro rotacional, el viscosímetro cinemático, absoluto y Saybolt-Furor.
- Prueba de penetración.
- Prueba para determinar el punto de reblandecimiento (anillo y bola).
- Punto de inflamación con la copa Cleveland.
- Pruebas de fatiga y comportamiento viscoelástico con el reómetro de corte dinámico (DSR) (figura 2).
- Curvas maestras del módulo de corte y ángulo de fase obtenidas de asfaltos convencionales y modificados.
- Pruebas para determinar el grado de desempeño (PG).
- Recuperación elástica por esfuerzo múltiple, MSCR (Multiple Stress Creep Recovery)
- Envejecimiento del asfalto con el horno RTFO, (Rolling Thin-Film Oven) a corto plazo (figura 3).
- Envejecimiento del asfalto en el horno a presión PAV (Pressure Aging Vessel) a largo plazo (figura 4).



Figura 6 Compactador lineal



Figura 7. Rueda de carga española para determinar la susceptibilidad a la deformación de la mezcla asfáltica



D. Pruebas a escala natural:

- Ensayos acelerados en la pista circular para determinar el comportamiento de pavimentos ante la deformación permanente y agrietamiento por fatiga.
- Pruebas para evaluar una estructura de pavimento a escala real con aplicación de carga estática y dinámica en los fosos de prueba de carga.

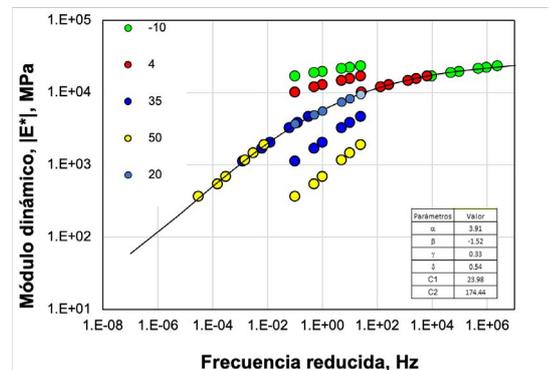


Figura 8. Curvas maestras de módulo dinámico obtenidas de probetas de concreto asfáltico

C. Caracterización y evaluación de mezclas asfálticas:

- Compactación de probetas cilíndricas de concreto asfáltico en el compactador giratorio SUPERPAVE (figura 5).
- Compactación de placas de concreto asfáltico en el compactador lineal (Figura 6).
- Prueba para evaluar la susceptibilidad a la humedad en probetas de concreto asfáltico a tensión indirecta.
- Prueba para determinar la susceptibilidad a la deformación permanente de la mezcla asfáltica con el equipo de rueda de carga española (figura 7).
- Pruebas para determinar las curvas maestras de módulo dinámico obtenidas de ensayos en concreto asfálticos, para determinar las propiedades viscoelásticas (figura 8).
- Determinación de la fatiga en el concreto asfáltico, mediante la aplicación de carga controlada a tensión-compresión.
- Pruebas para determinar leyes de fatiga de mezclas asfálticas, en el equipo de fatiga en cuatro (figura 9).
- Pruebas de adherencia entre capas mediante ensayo de corte en especímenes fabricados en el laboratorio o recuperados en campo, con el equipo de corte directo LCB.
- Ensayos para determinar la susceptibilidad al agrietamiento de la mezcla asfáltica, IDEAL-CT (figura 10).
- Ensayos para determinar el comportamiento mecánico en condiciones estáticas y dinámicas en concretos asfálticos, suelos y agregados (figura 11).

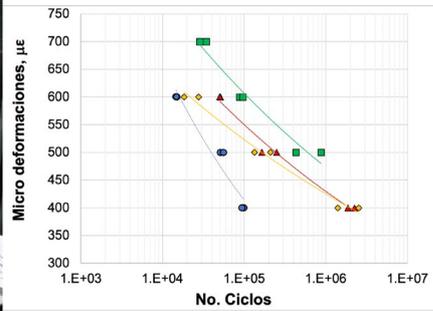


Figura 9. Fatiga en cuatro puntos para determinar leyes de fatiga de mezclas asfálticas

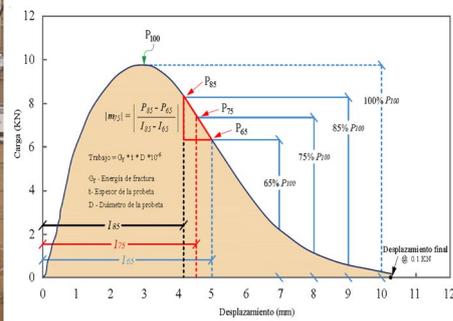


Figura 10. Ensayes de IDEAL-CT para determinar la susceptibilidad al agrietamiento de la mezcla asfáltica

Actividades de investigación y educativas

Las funciones esenciales en el Laboratorio de Vías Terrestres son la investigación, docencia y apoyo tecnológico, su tarea principal es la:

- Formación de recursos humanos, fundamentalmente estudiantes de servicio social, tesis de licenciatura, maestría y doctorado, además de prácticas profesionales de estudiantes de diferentes escuelas, no sólo de la UNAM, sino de estancias técnicas cortas de estudiantes y profesores del extranjero.
- Generar proyectos de colaboración.
- Asesoría y apoyo técnico en proyectos.
- Contribuir a la mejora del medioambiente mediante el estudio de materiales sustentables (TiO₂, RAP, RCD, hule, etc.).
- Desarrollo de especificaciones.
- Pruebas especiales mecánicas y/o de comportamiento.
- Vincular sus actividades de investigación básica y aplicada con las de otros centros de investigación, universidades y empresas del sector público y privado, para contribuir al avance científico y a la solución de problemas en áreas de interés común.



Figura 11. Marco de carga MTS para determinar el comportamiento mecánico de suelos y mezclas asfálticas

- Colaborar y participar activamente con las asociaciones técnicas del ramo, en la publicación de artículos científicos y la capacitación de sus agremiados.
- Atención de visitas cortas de estudiantes de escuelas y de grupos de ingenieros, nacionales y extranjeros.

La Coordinación de Geotecnia y el LVT desempeñan un papel activo en el avance de la práctica de las vías terrestres en México y se vincula con los últimos avances en el extranjero a través de seminarios y conferencias relacionadas con temas de vanguardia.

E. Programa de diseño de pavimentos DISPAV-5 M.R.:

El Dispav-5 M.R. es un programa interactivo que utiliza conceptos teórico-empíricos para diseñar secciones estructurales de pavimentos flexibles de caminos normales y de grandes especificaciones. Como variables de entrada, el programa utiliza la información de tránsito del proyecto y las características de los materiales de cada una de las capas que conforman la estructura.

En 2010, el Ing. Santiago Corro⁺ propuso la modernización del sistema de diseño de pavimentos de altas especificaciones. Se enfocó a migrar el sistema, manteniendo siempre el modelo plasmado en el Dispav-5 versión 2.0, pero modernizando la interfaz de captura y presentación de resultados. La primera versión de este sistema se tuvo a principios de 2012, y se establecieron pruebas de funcionamiento y validación de resultados. Esta versión incorpora una actualización de pesos, según la NOM-012-SCT-2008.

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE DATOS METEOROLÓGICOS ¿CUÁL ESTACIÓN ELEGIR?

LILIANA MARRUFO, JUDITH RAMOS,
ALEJANDRO MONSIVAIS Y JESÚS GRACIA

Las estaciones climatológicas o meteorológicas son una herramienta fundamental para determinar la presencia de variaciones anormales en los patrones climáticos de una región como la sequía asociada a la diferencia entre la temperatura media con respecto a la de referencia. En México, se ha realizado un gran esfuerzo en mantener estaciones climáticas desde los años sesenta o anteriores (Red CLICOM) y desde 1999 se han venido instalando estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) a lo largo del país. La importancia de contar con estas estaciones radica en que proporcionan información de diferentes elementos que definen el clima, con lo cual se puede predecir el tiempo y el desarrollo de la vida en general, por ejemplo, en la seguridad alimentaria definir el riego de cultivos, entre otros. Sin embargo, los registros no son continuos en las bases de datos, las razones por las que se presentan estos problemas son: el daño causado por fauna, la falta de mantenimiento o la escasez de recursos para pagar un estudio relacionado con la recopilación y el resguardo de la base de datos. Por ello, el establecimiento de estaciones climáticas o meteorológicas que proporcionen bases de datos completas es una tarea urgente para desarrollar pronósticos más precisos a corto, mediano y largo plazo.

Una manera de paliar la falta de datos climatológicos es estimar los datos faltantes en las bases de datos mediante la aplicación de técnicas agrupadas en métodos empíricos, métodos estadísticos y ajuste de funciones (Thiebaut y Pedder, 1987). Otra manera, es a través del análisis de frecuencia¹ regional, el cual busca establecer regiones homogéneas garantizando que se cuente con condiciones similares en una región y se pueden extrapolar parámetros como percentiles, desviación estándar, etc. Lin y Chen (2003; 2006) señalan que cuando se cuenta con diversos puntos de muestreo en un análisis de

frecuencia regional, la identificación de regiones homogéneas suele ser la etapa más difícil y requiere una gran cantidad de juicio subjetivo, a pesar de esto el cálculo resulta ser más preciso debido a que se asignan sitios a regiones similares en lugar de analizar puntos independientes (Lin y Chen, 2006). También se debe considerar que, para crear zonas homogéneas, los mismos registros utilizados deben ser por sí mismos homogéneos (OMM, 2015). Para la creación de regiones homogéneas se debe considerar el uso de las normales climáticas², las cuales se convierten en indicadores de las condiciones que tienen una alta probabilidad que se produzcan en una ubicación determinada en el marco del clima actual (OMM, 2015), toda vez que los impactos, positivos o negativos, generados por el ser humano sobre los ecosistemas tardan en presentarse de manera paulatina a través de escalas de tiempo (Duarte *et al.*, 2006).

Por ello, se planteó hacer un análisis de frecuencia regional previa identificación de zonas homogéneas dentro de la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC) a través del análisis de tres variables climatológicas: precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, elementos que deben ser considerados para el desarrollo de estudios a escala regional con el fin de determinar los patrones climáticos y su impacto en la disponibilidad de agua.

Zona de estudio

La RBC se localiza al sur de la península de Yucatán, México, cerca de la frontera con Guatemala. Se caracteriza por ser un bosque tropical en una planicie donde se presentan zonas bajas y alkachés, además de algunas elevaciones menores. Pertenece a una cuenca interna, la cual influye en la humedad a través de las nubes de lluvia que viajan por las colinas circundantes y por los movimientos del aire causados por la variación de temperatura. De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1973) (Fig. 1), el clima es cálido subhúmedo (Aw) definido por la sabana, el cual se subdivide en tres subtipos: Aw1, el menos húmedo de los subhúmedos, Aw1(x) con una humedad intermedia entre los subhúmedos y Aw2 que es el más húmedo de los subhúmedos (Carabias *et al.*, 1999).

¹ El análisis de frecuencia se define como un método utilizado para establecer la relación entre las magnitudes de variables meteorológicas extremas, como la precipitación, y su frecuencia de ocurrencia mediante la aplicación de distribuciones de probabilidad (Chebana, 2023).

² Normal climática: medidas periódicas calculadas para un periodo uniforme y relativamente largo que comprenda por lo menos tres periodos consecutivos de 10 años. El periodo de 30 años que se manejaba anteriormente, se mantiene como periodo de referencia regulatorio para las evaluaciones de cambio climático a largo plazo (OMM, 2015).

Metodología

La metodología consiste en identificar zonas homogéneas para establecer la variación climática que se pueda encontrar a través del estudio de los registros de las estaciones climatológicas (tradicionales) y, en caso, de encontrarse Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) u observatorios emplear sus datos de forma coherente con las estaciones tradicionales.

Datos climáticos

Los datos climatológicos disponibles incluyen estaciones climatológicas tradicionales (archivo CLICOM) que registran precipitación (P) y temperatura del aire (T) (máxima y mínima), y Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) que registran P, T, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar. La fig. 2 muestra la distribución de las estaciones climatológicas disponibles para el análisis de frecuencia regional de la RBC. Se debe mencionar que únicamente se cuenta con un observatorio ubicado en la capital del estado, y aunque la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2024) tiene una EMA llamada Calkmul II al sureste de la RBC, ésta no se encuentra activa.

Las estaciones se encuentran en la zona de amortiguamiento asociadas a asentamientos humanos, lo que confirma las observaciones de Xia et al. (1999) al mencionar que, por lo general, las estaciones climatológicas se ubican en la periferia de las zonas boscosas, pero no dentro de ellas, lo que hace a los datos climatológicos registrados poco o nada representativos del clima de una región. La RBC cuenta con una EMA Calakmul I al sureste cuyos registros se han mantenido desde 1999; esta estación es tomada para extrapolar sus datos a la zona homogénea a la que pertenece.

Las estaciones climatológicas (CLICOM) elegidas para realizar el estudio son 4018, la Esperanza; 4027, Placeres; 4035, Xmaben; 4036, Xpujil; 4037, Zoh Laguna; 4061, Conhuas; 4080, Alvarado y 4081, Cristóbal Colón (Fig. 2). El periodo de análisis se estableció de 2001-2010, quedando fuera las estaciones 4027, 4018 y 4035. Los registros analizados fueron para temperatura (máxima, promedio y mínima) y precipitación.

Método

Al contar sólo con cinco estaciones climatológicas con series incompletas cubriendo sólo un periodo de diez años, se optó por usar métodos tradicionales como es el caso del análisis de consistencia-frecuencia en lugar de métodos de conglomerados u otras técnicas incluyendo las de inteligencia

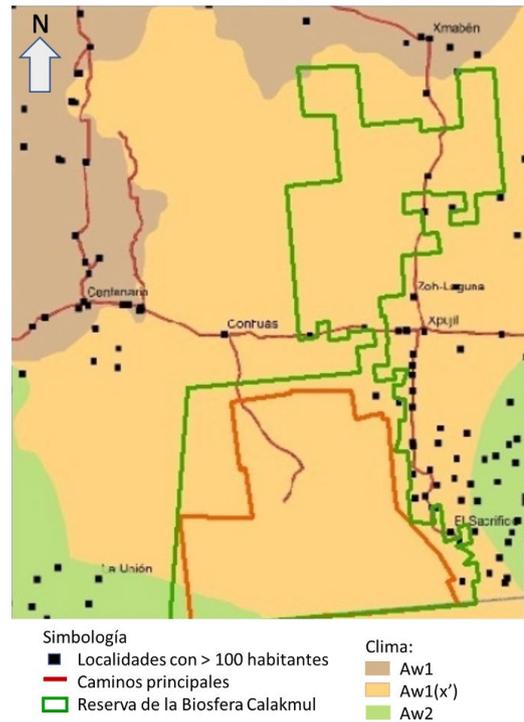


Figura 1. Tipos climáticos según Köppen, modificado por García (1973). Fuente: RBC, 2018

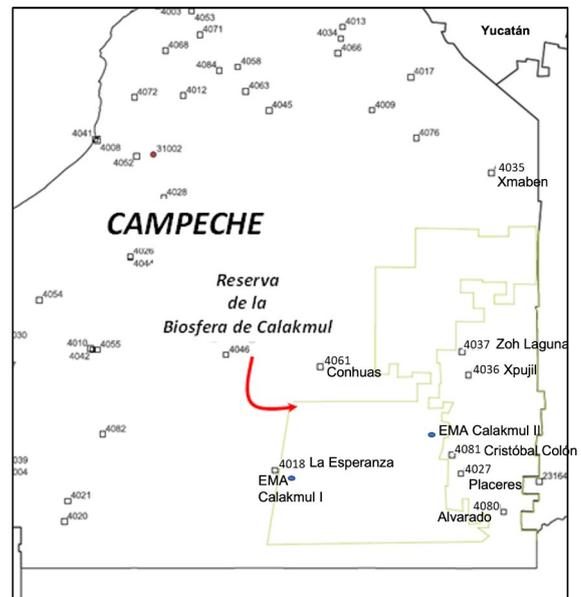


Figura 2. Estaciones climatológicas y EMA, ubicadas en y alrededor de la Reserva Biosfera de Calakmul. Fuente: SMN (2024)

artificial (Monsalve, 1999; OMM, 2011). El método a emplear fue el de “doble masa”, en el cual se relaciona los totales anuales acumulados del elemento de análisis de un determinado lugar y la media acumulada de los totales anuales de todas las estaciones de la región que se encuentran dentro del área considerada climatológicamente homogénea. En el caso de que no haya cambio en la pendiente de la línea, la estación en cuestión es homogénea en sus datos. La EMA Calakmul I se usará para extrapolar sus datos a la zona homogénea a la que pertenece.

Resultados

El análisis de doble masa que se presenta en cada una de las cinco estaciones seleccionadas es para el elemento **precipitación**. No se tomaron más estaciones porque la distancia era mayor de los 100 km lo cual ya no representaría al clima en la RBC. La zona de estudio se dividió en dos secciones: norte (4036, 4037, 4061) y sur (4080, 4081) separadas por la carretera Chetumal-Escárcega.

El método de doble masa arrojó que las bases de datos por estación no presentan homogeneidad al tener un cambio de pendiente, siendo el más marcado para la 4081, y en menor medida para las 4036 y 4061 con una correlación mayor de 0.996. Posteriormente, se realizó un análisis de segmentación concluyendo que la estación 4080 es la estación base para esta región sur, mientras que la 4037 será la base en la zona norte. Esto permitió establecer la consistencia entre estaciones graficando los datos de 4036 vs 4037 y de 4061 vs 4037 para el periodo 2001 a 2010, obteniendo correlaciones mayores de 0.99, por tanto, se consideran estaciones homogéneas (Fig. 3).

Dados los resultados, se puede considerar que la estación 4037 representa las condiciones del norte de la RBC, no sólo con la estación de 4036, Xpujil que se encuentra a 10 km en línea recta, sino con la estación 4061 de Conhuas que está a casi 50 km en línea recta. Esto es coherente al estar la zona núcleo más orientada al noroeste estrechándose cerca de la carretera Chetumal-Escárcega, además de ser una zona impactada de forma similar por el ser humano.

Para la zona sur, se graficaron 4080 vs 4081 para comprobar su consistencia (Fig. 4), la cual se espera pueda ser similar dado que la distancia entre ambas estaciones es de 30 km. En la fig. 4 se observa una consistencia aceptable, excepto por el año 2007, con una diferencia de lluvia acumulada de 1,200 mm siendo mayor en la 4080, con lo cual se comprueba que entre más al sur se encuentre la estación, la lluvia es mayor.

Los resultados mostraron que es posible establecer la consistencia de los datos de diferentes estaciones para identificar zonas homogéneas mediante el análisis de frecuencia regional aplicando las normales climáticas.

Fue posible observar que, en efecto, la carretera Chetumal-Escárcega sí actúa como una división entre el Norte y Sur de la RBC. Se encontró que, en la parte norte, la estación 4037 representa el clima dentro de la zona de RBC comprendida en esa área. No así para la zona sur, de la cual no se pudo concluir que una estación (4080) represente el comportamiento del ecosistema en esa área. El sur de la RBC es un área muy amplia cerca de 100 km tanto en longitud como en latitud que además puede estar influenciada, tanto al oeste como al este, por el subtipo climático Aw2.

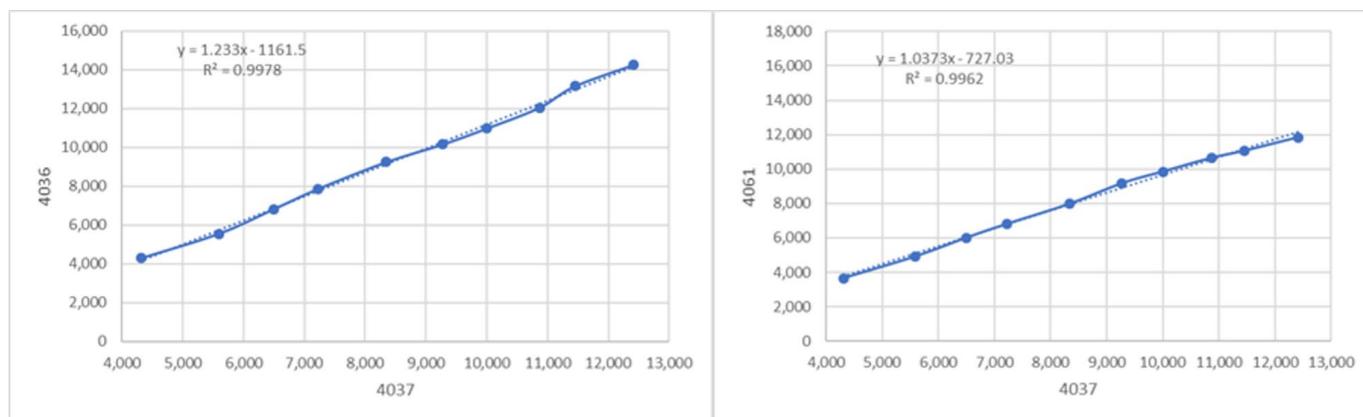


Figura 3. Consistencia entre los datos de precipitación de las estaciones 4036 y 4061

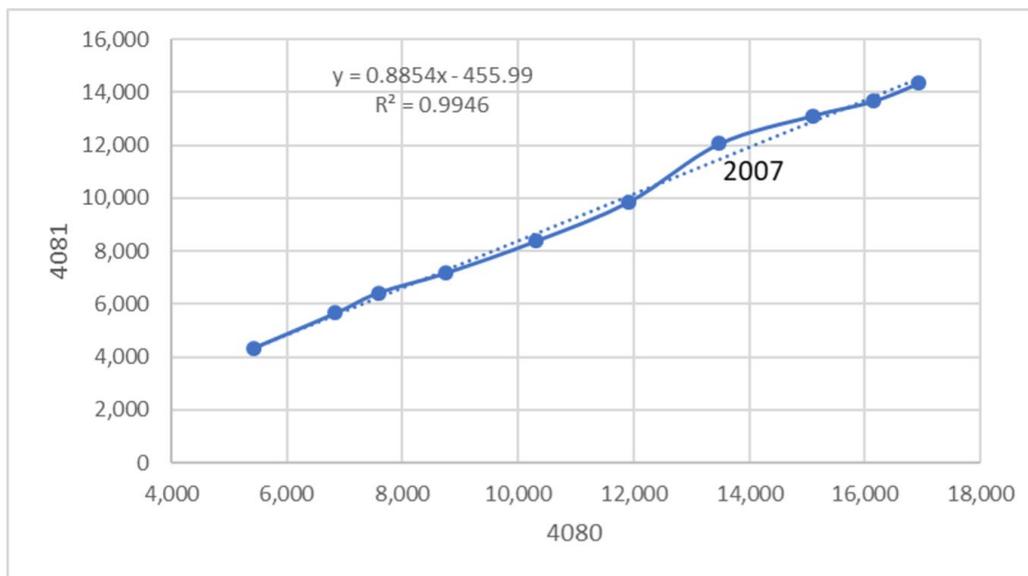


Figura 4. Consistencia entre las estaciones 4080 y 4081

Esto lleva a repetir, el análisis de consistencia- frecuencia incluyendo la EMA para el periodo de 2001 a 2010 con datos de lluvia diarios para homogeneizar la base de datos con las estaciones climatológicas. Finalmente, para lograr un manejo efectivo de una zona boscosa como la RBC, se debe considerar primordial la instalación de estaciones climáticas dentro de la reserva, así como el rescate de aquellas que ya se encuentran instaladas, pero que no operan.

Referencias

Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A. F., Simó, R., Valladares, F. (2006). Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 2006. ISBN: 978-84-00-08452-3

Chebana F. (2023). Introducción. En F. Chebana (Ed.) Análisis de frecuencias multivariadas de variables hidrometeorológicas. A Copula-Based Approach. 223 pág. Quebec: Elsevier Inc. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95908-7.00016-5>

CONANP (2024). Plataforma de Información Climática - PIC. Disponible el 29 de diciembre de 2024 en <https://pic.conanp.gob.mx/mapa/pic>

RBC (2018) Nomination of Ancient Maya City and Protected Tropical Forests of Calakmul, Campeche By the Government of Mexico for Inscription on the World Heritage List

Carabias, J., Provencio, E., De la Maza, J., Rodríguez de la Gala, J. B. (1999). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Calakmul, México. SEMARNAP, 1a edición. Instituto Nacional de Ecología. México. Disponible el 10 de enero de 2024 en <chrome-extension://efaidnbmninnbpcjpcglclefindmkaj/https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN08.pdf>

Agradecimientos

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) con el proyecto IN114022 Convocatoria 2022 por patrocinar esta investigación. Al Dr. José Adalberto Zúñiga Morales, director de la RBC por las facilidades para trabajar en el área, al guarda parque Luis Tamay Yah y al C. Luis Alfonso Guzmán por mantener las estaciones en óptimo estado. |

Lin, G.F, Chen, L.H. (2003). A reliability-based selective index for regional flood frequency analysis methods using the Self-organizing Map. *Hydrological Processes*, 17:13, 2653-2663. doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.1267>

Lin, G.F, Chen, L.H. (2006). Identification of homogeneous regions for regional frequency analysis using the self-organizing map. *Journal of Hydrology*, 324:1-9. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.09.009

Monsalve, G. (1999). Hidrología en la Ingeniería. 2da Edición, 360 pág. España: Marcombo. ISBN 9701504046, 9789701504048

OMM (2011). El clima y tú. OMM, Organización Meteorológica Mundial, -Nº 1071. ISBN 978-92-63-31071-2

OMM (2015). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas. Organización Meteorológica Mundial, Nº 1203. ISBN 978-92-63-311203-7

Thiebaux, H.J. and Pedder, M.A. (1987) *Spatial Objective Analysis: with applications in atmospheric science*. New York: Academic Press, doi: 19887829

Xia Y, Peter Fabian, Andreas Stohl, Martin Winterhalter (1999). Forest climatology: estimation of missing values for Bavaria, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* 96 (1999) 131-144. doi: S0168-1923(99)00056-8

1^o Informe de Actividades

SEGUNDO PERIODO

Dra. Rosa María Ramírez Zamora

Presentar los trabajos realizados durante 2024, es un motivo de gran satisfacción, afirmó la Dra. Rosa María Ramírez Zamora durante el primer informe del segundo periodo como directora del II UNAM.

Comentó que el Instituto de Ingeniería está integrado por personal de investigación, personal técnico, personal de servicios profesionales, estudiantes, administrativos, post doctorantes y los investigadores e investigadoras por México. La comunidad académica del II goza de un reconocimiento importante, prueba de ello es el hecho de haber recibido un número significativo de distinciones y premios, entre los que destacan el nombramiento de investigadores eméritos por el Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) de Blanca E. Jiménez Cisneros y Luis Álvarez Icaza. Además, 82 académicos pertenecen al SNII, de los cuales tres fueron candidatos, 37 son nivel I, 24 nivel II, 13 al nivel III y cinco eméritos.

El personal académico también tiene una producción importante de artículos. En 2024 se publicaron 181 artículos con factor de impacto, 241 artículos indizados; y 169 artículos en revistas JCR. Asimismo, en el tema de la docencia y formación de recursos humanos el personal académico imparte cursos a nivel licenciatura y posgrado. También se titularon 19 estudiantes de licenciatura y cuatro de la especialidad, 84 de maestría y 25 doctorantes obtuvieron su grado.

Una de las funciones principales de este Instituto es colaborar a la solución de problemas nacionales, la directora informó que en 2024 se registraron 90 convenios elaborados y 84 patrocinados. El Gobierno de la CDMX fue uno de los principales patrocinadores.



Ramírez Zamora mencionó que los principales proyectos de sustentabilidad que esta administración apoyará son: el del agua y el de las energías renovables. El primero de estos temas a través de la rehabilitación de plantas de tratamiento de aguas residuales y de la instalación de sistema captadores de agua de lluvia y, el segundo, con celdas fotovoltaicas que se instalarán cerca de la Mesa Vibradora y de la Planta solar. De esta manera el Instituto contribuye con la conservación de recursos indispensables para la vida.

Por otra parte, el Instituto está enfocado en promover la igualdad y evitar la discriminación y la violencia hacia las mujeres para lograr una mejor convivencia, para ello cuenta con la Comisión Interna para la Igualdad de Género que a lo largo de 2024 llevó a cabo diversas actividades. Otra comisión importante es la del Grupo RAMII encargado de la responsabilidad ambiental y el cuidado del medio ambiente.

El Instituto tiene mucho interés en fomentar actividades de difusión para dar a conocer el avance y los aportes de sus investigaciones, durante 2024 se llevaron a cabo 141 eventos, entre los que se encuentran 35 conferencias, 30 seminarios, 23 reuniones y 11 talleres. Además del evento de Puertas Abiertas en el que participaron 24 laboratorios.

El mantenimiento y la modernización a la infraestructura del Instituto también ha sido un tema importante, la Dra. Ramírez mencionó que está por inaugurar la sede en Morelia además de las que se encuentran en Juriquilla, Querétaro; Sisal, Yucatán y la de Monterrey – concluyó -.





Reconocimientos

Mejores tesis Maestría y Doctorado II UNAM

Felicitemos calurosamente a Fabiany De Jesús Morgado León por haber obtenido el Premio a la Mejor tesis del Instituto de Ingeniería grado de Maestría con el tema *Determinación de la producción de metano a partir de los residuos del procesamiento del cacao*, bajo la dirección del Dr. Simón González.

Del mismo modo, nos da mucho gusto que Enrique Romero Frasca haya recibido el Premio Mejor tesis de Doctorado del Instituto de Ingeniería con la investigación *Polyhydroxyalkanoates production using microalgae bacteria consortia under environmental conditions* con la asesoría del Dr. Germán Buitrón.

¡Enhorabuena!

REUNIÓN INFORMATIVA ANUAL

Como ya es tradición se llevó a cabo la Reunión Informativa Anual del II UNAM, a lo largo de tres días cada una de las cuatro subdirecciones presentaron los avances de algunas de sus investigaciones.

Dar a conocer a la comunidad los avances realizados durante 2024 es una de las finalidades de esta entidad universitaria. Durante la inauguración, la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del II UNAM, subrayó que estas reuniones permiten conocer el arduo trabajo realizado por el personal académico en beneficio de la sociedad.



Además, afirmó que, al presentar las capacidades y los resultados de las investigaciones, el personal académico tiene la oportunidad de identificar complementariedades que podrían articularse para abordar los proyectos desde un punto de vista multidisciplinario.

En esta ocasión se presentaron un total de 37 trabajos, de los cuales ocho correspondieron a la subdirección de Estructuras y Geotecnia, 10 a la subdirección de Ingeniería Ambiental e Hidráulica, 13 a la subdirección de Electromecánica y seis a las Unidades Académicas Foráneas.

La Dra. Ramírez agradeció el interés mostrado por el personal académico del II UNAM, y les felicitó por sus aportaciones.

DÍA INTERNACIONAL DE LAS MUJERES, LAS JÓVENES Y LAS NIÑAS EN LA CIENCIA

Con el fin de conmemorar el 11 de febrero como el Día Internacional de las Mujeres, las Jóvenes y las Niñas en la Ciencia, la Comisión Interna para la Igualdad de Género de la UNAM invitó a la CInIG de cada dependencia universitaria, a unirse a esta celebración, organizando eventos con el fin de reconocer el papel que desempeñan las mujeres en las áreas científicas; mostrando las aportaciones que han hecho en los diferentes campos del conocimiento científico, tecnológico y de innovación. Fomentando la inclusión de las mujeres, las jóvenes y las niñas en estos campos de la ciencia donde su presencia sigue siendo limitada.

La CInIG del Instituto de Ingeniería, llevó a cabo tres conversatorios en los que participaron nueve académicas y seis estudiantes mujeres quienes compartieron: sus experiencias profesionales, el inicio de sus carreras, cuáles fueron sus principales retos, sus áreas de trabajo y cómo llegaron al II UNAM. Cada conversatorio tuvo una duración de 90 minutos.

Esta actividad estuvo dirigida a estudiantes de nivel medio superior, pero al transmitirse por *streaming*, se abrió la posibilidad de que el público en general tuviera acceso a estas pláticas. Las CInIG de la UNAM invitadas a participar correspondieron a las ENP No. 5, 6 y 8 y a los CCH planteles Azcapotzalco, Vallejo y Sur. Al mismo tiempo se realizaron conferencias presenciales en ENP 5 y 8 y en el CCH Azcapotzalco impartidas por nuestras académicas Dra. María del Rosario Iturbe Argüelles y la Mtra. Sonia Rosa Briceño Viloria.

Agradecemos a la CInIG y, en especial a la Dra. Judith Ramos, integrante con funciones operativas en la dirección del II UNAM, y a la maestra Selef García Orozco, integrante suplente del sector estudiantil, por haber liderado este evento.

Participantes en los conversatorios

Mesa 1

Moderador: Faustino de Luna Cruz
Josefina Elizabeth Plata García – académica
María Neftalí Rojas Valencia – académica
María Soledad García Ramos – académica
Georgina Ruiz Pérez – estudiante
Greisi de la Caridad González Rosa – estudiante

Mesa 2

Moderador: José Antonio Barrios
Guadalupe Esther Mariles Fuentes – académica
Araceli Martínez Lorenzana – académica
Flor Lizeth Torres Ortiz – académica
Lidia Alicia López Vega – estudiante
Andrea Rodríguez Medina – estudiante

Mesa 3

Moderador: Javier Bautista Hernández
Elsa Noreña Barroso – académica
Ana Laura Ruiz Gordillo – académica
Gloria Moreno Rodríguez – académica
Denise Yeazul Fernández Rojas – estudiante
Vanessa Hernández Tapia – estudiante

EDUARDO MIRANDA, PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD DE STANFORD, EN EL IIUNAM

El pasado 20 de enero, el Dr. Eduardo Miranda, profesor de la Universidad de Stanford, impartió una conferencia que llevó por título *Hacia mejores medidas de intensidad del movimiento de terreno*. Durante su presentación, resaltó lo importante que es hacer una caracterización de la intensidad del movimiento del terreno y de saber distinguir que variables son mejores que otras. Agregó que son muchos los parámetros que pueden usarse para caracterizar la intensidad de un movimiento de terreno, pero se deben seleccionar y usar aquellos que tienen una alta correlación con los daños que pueden provocar en las edificaciones y, en particular, con el colapso estructural, por lo que hemos desarrollado parámetros que, sin tener que hacer una selección de registros muy rigurosa, nos permiten predecir de manera más acertada cuál es la intensidad al colapso.

Esta idea surgió de preguntar, ¿qué pasaría si no se siguen las muchas sugerencias recientes sobre la selección de registros? y, sorprendentemente, surgió la respuesta que proporcionó una probabilidad de colapso dada la intensidad del movimiento



más robusta. Incluso podemos predecir las probabilidades de que se excedan estas intensidades.

Con base en esta experiencia, el Dr. Miranda invitó a los estudiantes a estar abiertos para explorar e incursionar en diferentes formas de análisis ya que pueden proporcionar mejores resultados.

Por su parte, el Dr. Francisco J. Sánchez Sesma, investigador del II UNAM, agradeció al Dr. Miranda el haber compartido sus experiencias, lo felicitó por su excelente presentación y comentó que, como resultado de esta visita, se están generando diversas interacciones académicas que seguramente fructificarán en investigaciones, tesis e intercambio de estudiantes entre nuestras universidades -concluyó-.

SUELOS EXPANSIVOS PROBLEMA MUNDIAL

Los suelos expansivos son un problema mundial, afirma la Dra. Claudia Zapata, profesora de la Universidad del Estado de Arizona, ya que se encuentran en seis de los siete continentes, el cambio del volumen asociado a este tipo de suelos causa daños a la infraestructura ligera y a las carreteras debido a la interacción entre el agua y la arcilla.

México tiene áreas muy extensas que se consideran áridas y semi-áridas. Suelos expansivos prevalecen en estas zonas, por ello, debemos tener la capacidad de estimar el cambio continuo de volumen considerando las condiciones climáticas ya que éstas afectan el comportamiento de las construcciones y del pavimento. En las últimas décadas, la reparación de carreteras ha representado una pérdida económica considerable.

Por eso, nuestro objetivo es realizar un buen diseño para evitar tener que reconstruir o rehabilitar el pavimento y para lograrlo, es necesario llevar a cabo la investigación a priori. Realizar estos estudios no es un gasto innecesario como algunos piensan ya que los beneficios a largo plazo son enormes, pues las rehabilitaciones son costosas y las reconstrucciones también. Conocer las propiedades del suelo, así como las variaciones del clima permiten obtener mejores resultados.

Lo primero que debemos reconocer es que el problema de los suelos expansivos radica en el cambio estacional del clima, lo cual causa cambio de succión a lo largo del perfil del suelo, debemos evitar que el agua llegue a la merma del pavimento.

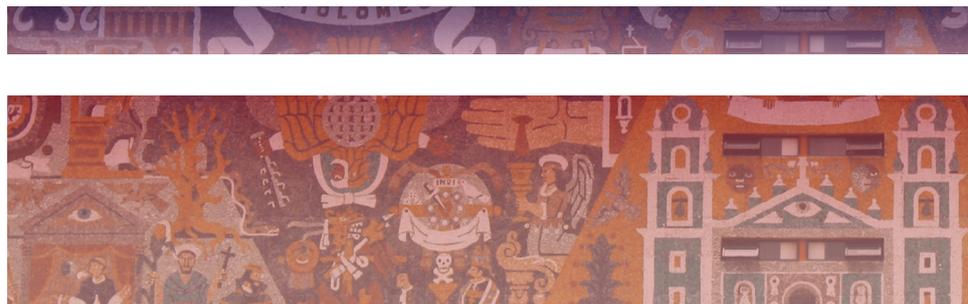
“Dentro de las investigaciones realizadas, desarrollamos un modelo de deterioro por condiciones climáticas que debe aplicarse en el sitio del proyecto donde se estimó el cambio volumétrico en suelos expansivos /contráctiles causados por cambios en la succión (humedecimiento/sequía) y por las heladas, recordando que a mayor succión menos contenido de humedad y a menor succión más contenido de humedad”.



Lo primero que debemos hacer es evaluar qué tanto influye los cambios climáticos en el cambio de volumen del suelo. Después debemos usar un balance entre la precipitación y la evaporación del suelo, que es inherente a cada región y así podemos ver si el suelo está infiltrando agua o evaporando agua. En esta ocasión, se definió un índice mensual de humedad basado en la clasificación climática de Thornthwaite, que considera la precipitación y la evaporación. Esta ecuación proporciona información que indica si es un clima húmedo o es una zona árida o semiárida. Otro paso es calcular la envolvente de succión considerando la succión de equilibrio y la profundidad de la succión de equilibrio, donde las fluctuaciones climáticas empiezan a estabilizarse. Los cambios climáticos afectan al suelo y, a su vez, a las edificaciones y a los pavimentos. El valor de succión al equilibrio es muy importante y éste depende de la zona que se esté analizando. En esta investigación, se propuso integrar los cambios volumétricos de suelo mediante un análisis mecanicista y estocástico al índice de regularidad (rugosidad) usado por la guía de diseño AASHTOWare.

Zapata concluyó que es importante que los investigadores y académicos trabajen y divulguen modelos que se apliquen en la práctica, que sean considerados en las guías de diseño de pavimento para evitar que se presenten situaciones adversas durante la vida útil de los pavimentos.

UNAM
Nuestra *gran*
Universidad



SEGURIDAD HÍDRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Preocupados por identificar los principales retos y perspectivas en materia de seguridad hídrica, el pasado 11 de febrero, el Centro Regional de Seguridad Hídrica bajo los auspicios de la UNESCO y la Familia del Agua UNESCO en México, organizaron el evento *Seguridad Hídrica en América Latina y el Caribe*.

Al inaugurar el evento, Rosa María Ramírez, directora del Instituto de Ingeniería, felicitó a Fernando González Villarreal por esta iniciativa, ya que este tipo de actividades permiten tomar acciones de manera conjunta en beneficio de la sociedad.

En esta ocasión se organizaron cuatro mesas: en la primera se abordó el tema Agua para las personas en la cual participaron Paola Félix Díaz, de la Comisión Nacional del Agua; Alejandra Peña García, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; María del Carmen Carmona Lara, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, como moderador estuvo Jesús Campos, experto del CERSHI. La segunda mesa trató el tema del Agua para los ecosistemas el cual estuvo a cargo de Marisa Mazari Hiriart, Instituto de Ecología, UNAM; Piedad Gómez, Fondo de Agua de la CDMX; Manuel Soto, Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe, bajo los auspicios de la UNESCO; el moderador fue Jorge Arriaga, coordinador ejecutivo del CERSHI. En la tercera mesa expusieron el tema del Agua



para las actividades productivas Franz Rojas Ortuste, Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe; Eduardo del Valle, Constellation Brands; Gabriela Fernández Guerra, Grupo Helvex; como moderador Jaime de la Mora Gómez, experto asociado del CERSHI. La cuarta mesa llevó por título Resiliencia para fenómenos hidrometeorológicos extremos con la participación de Enrique Guevara Ortiz, Centro de Prevención de Desastres; Alberto Manganelli, Centro Regional para la Gestión del Agua Subterránea en América Latina y el Caribe, bajo los auspicios de la UNESCO; Sandra L Maqueda Tenorio, Eni México; la moderación estuvo a cargo de Felipe Arreguín, experto asociado del CERSHI.

Al finalizar, González Villarreal hizo una relatoría de las presentaciones, afirmó que es necesaria una reingeniería para una mejor distribución del agua, y que se requieren recursos económicos para hacer realidad el derecho humano al agua. Comentó que es evidente que los ecosistemas se están viendo afectados por el mal uso del agua y la falta de preservación del medio ambiente. Además, “podríamos tener actividades productivas si hiciéramos un uso del agua responsable. Estudiar el problema de la cuenca hidrológica es fundamental. Desafortunadamente, -continuó- en la ciudad de México como en muchas otras, estamos sobreexplotando de una manera irresponsable los acuíferos. Deberíamos pensar en las futuras generaciones”.

Para concluir, agradeció a los ponentes, a las personas que participaron en la organización y a la comunidad interesada en estos problemas.



Desconecta

tu computadora al terminar una jornada laboral.

Con estas sencillas **acciones verdes** contribuimos a **reducir el consumo de energía** de **nuestro instituto.**

ECOTIPS

TECNOLOGÍA INNOVADORA APLICADA EN XOCHIMILCO

POR VERÓNICA BENÍTEZ ESCUDERO

El IIUNAM, preocupado por contribuir a la solución de problemas de la ingeniería y el bienestar de la sociedad, conformó en 2023 los Grupos Interdisciplinarios de Investigación (GII) para el desarrollo de proyectos que identifiquen y generen soluciones integrales y sostenibles para el beneficio social. En concordancia con este propósito, el proyecto GII “Intensificación de los procesos para la obtención de biocompuestos a partir de agua residual” desarrolló la tecnología innovadora para el tratamiento de aguas residuales y producción de biomasa microalgal con enfoque sustentable.

Sumando esfuerzos tanto de la comunidad científica como de la sociedad, es que se llegan a resultados tangibles. Es por ello que la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del Instituto de Ingeniería (II UNAM) y la Dra. María Teresa Orta Ledesma, líder del proyecto inauguraron la instalación de esta tecnología novedosa en Chinampa Nantli ubicada en la reserva natural en los canales de Xochimilco en beneficio de la comunidad, en presencia del Lic. Omar Peña Meza, propietario de la chinampa.

El sistema consiste en un reactor de alta tasa para el tratamiento de agua en una Chinampa de Xochimilco. Este se provee de energía mediante un panel solar como intervención sustentable. Gracias a los resultados del proyecto, es posible respaldar que el agua residual del canal, tratada en el reactor, cumple con la norma para ser reutilizada en el riego de hortalizas como lechuga, arúgula, zanahoria y espinaca; y que la biomasa microalgal producida sin separar, se use como biofertilizante en dichos cultivos en la Chinampa.

Comparado con otras tecnologías que existen en el mercado, en términos económicos, es el único sistema de tratamiento de aguas residuales de instalación sencilla y fácil operación, que por su diseño está en posibilidad de cumplir con la las nuevas disposiciones de la norma NOM-001-SEMARNAT-2021.



Estamos viendo una tecnología aplicada que es amigable con el medio ambiente, no produce lodos, no produce gases de efecto invernadero, al contrario, los capta porque las microalgas con las que trabaja son nativas de aquí y se reproducen gracias a la fotosíntesis a través de un metabolismo que consume la materia orgánica y consume el CO₂ del ambiente. Además, la biomasa que se genera se aprovecha como biofertilizante y el costo es competitivo. En otros sistemas de tratamiento la disposición final de los lodos que se producen es un tema complicado” afirmó la Dra. Orta líder de este proyecto.

En Ciudad Universitaria está instalada una Planta de tratamiento similar, pero las condiciones del agua ahí son diferentes a la que tenemos en estos canales.

Este proyecto -agrega Orta Ledesma- ha sido muy bien recibido, afortunadamente el licenciado Omar tiene gente interesada en participar, y esto nos hace pensar, que es muy probable que esta tecnología se replique aquí en Xochimilco.

Incluso es una tecnología que el gobierno podría utilizar para aprovechar las lagunas municipales, sobre todo cuando hay escasez de agua debido al estiaje. Este proyecto está dentro de la economía circular. Con todas estas bondades esta tecnología está posicionada a nivel internacional

Al tomar la palabra la Dra. Ramírez Zamora, agradeció al Lic. Omar Peña Meza y a la comunidad de Xochimilco por haber permitido la instalación de este sistema. “Abrir la puerta a esta iniciativa en la que participan estudiantes, académicos, y permitir que la sociedad civil se beneficie de estos estudios y que vea a las aguas residuales como algo que podemos aprovechar es algo que nos reconforta”.

Por su parte, el Lic. Peña Meza, propietario de la chinampa, explicó que este lugar está comprometido con la conservación y la preservación del ecosistema. Dijo que “Nantli” significa, mamá, y que la tierra es nuestra mamá, “estoy agradecido con mi alma mater que es la Universidad Nacional Autónoma de México, con los académicos que han puesto su corazón en este proyecto y han depositado su confianza en nosotros. Estamos convencidos de que hay que tomar estas acciones para poder heredar este lugar a las siguientes generaciones.” |

HACK THE GOAL MOVILIDAD SOSTENIBLE

El Consejo Nórdico de Ministros ((Nordic Council of Ministers), las embajadas de Suecia y Noruega en México, la UNAM, a través de la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad, y el Centro Regional de Seguridad Hídrica (CERSHI), bajo los auspicios de la UNESCO, llevaron a cabo el lanzamiento de la convocatoria de Hack the goal: movilidad sostenible, cuyo objetivo principal es fortalecer la movilidad sostenible, eficiente, responsable de cara al mundial 2026.

Durante la ceremonia estuvieron presentes Eduardo Vega, encargado de la Coordinación Universitaria para la Sostenibilidad; Jorge Flores Ocaña, director de Planeación y Políticas de la Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México; Gunnar Alden, embajador de Suecia en México; Ragnhild Imerslund, embajadora de Noruega; Ernesto García, coordinador de Bicipuma de la Dirección General de Servicios Generales y Movilidad, UNAM y Jorge Arriaga, coordinador Ejecutivo del (CERSHI).

Eduardo Vega comentó que Noruega y Suecia son naciones que suelen ser un ejemplo en cuestiones ambientales, su presencia es importante en este evento. La UNAM está convencida de lo necesario que es participar en el desarrollo de políticas públicas, que deben ser bien diseñadas y mejor implementadas y, actividades como la de hoy enfocadas a la sustentabilidad son prioritarias. Agradeció a Jorge Flores Ocaña, el haber presentado el programa para optimizar la movilidad en esta ciudad a través de: la expansión y modernización del transporte público y de la red de semáforos, la implementación de cruces seguros y la movilidad en las zonas más alejadas, ampliando el servicio del metro, columna vertebral del sistema de movilidad de nuestra ciudad, así como, incrementando las rutas ciclistas. Todas estas acciones son con el fin no sólo de mejorar la vida de los ciudadanos, también de proporcionar los servicios que se van a requerir en el mundial de 2026. Y, por supuesto, expresó su reconocimiento al Dr. Fernando González Villarreal por esta iniciativa.

Por su parte, Gunnar Alden afirmó que Suecia es un país que tiene la experiencia de trabajar con energías limpias y soluciones sostenibles, y esto es gracias a la cooperación del gobierno con las empresas y la academia, logrando alianzas estratégicas entre ellas. Es un hecho -dijo- que hay que invertir para estar a la vanguardia de tecnología de sustentabilidad.

Al tomar la palabra Ragnhild Imerslund, explicó que en Noruega están enfocados en tener ciudades inteligentes a través de un cambio de cultura. Noruega, a pesar de vivir de los hidrocarburos, apoya la electromovilidad implementando políticas a largo plazo. En 2024, nueve de cada diez carros que se vendían



eran eléctricos; para este año, la meta del gobierno es alcanzar el 100 % de vehículos eléctricos vendidos. Esto se ha ido logrando gracias a que, en Noruega, el senado ha subido el costo de los carros que funcionan con combustible y ha bajado el costo de los carros eléctricos, también ha tomado medidas para favorecer a los usuarios de estas tecnologías como beneficios fiscales, el no pagar estacionamientos y con la instalación de centros de recarga para que la gente se sienta segura.

Durante su participación, Ernesto García, coordinador de Ecobici UNAM, expresó su beneplácito al compartir con los países nórdicos el lanzamiento de esta convocatoria que dará grandes resultados, agregó que la UNAM apoya la movilidad sustentable, entre otras acciones, con el programa de Ecobici, ya que casi 5 mil personas cada día se trasladan en bicicletas dentro de Ciudad Universitaria (CU), lo que significa que se dejan de emitir 600 toneladas de CO₂ al medio ambiente. Subrayó que también se está trabajando en un programa para convertir los autobuses que circulan en Ciudad Universitaria en autobuses eléctricos, lo que será de gran beneficio para todos.

Por último, Jorge Arriaga invitó a los estudiantes a participar en este hackaton que está dirigido a jóvenes que estén inscritos en cualquier universidad de la CDMX, Estado de México, Jalisco o Nuevo León, cursando la licenciatura, la maestría o el doctorado, quienes al presentar sus propuestas, recibirán retroalimentación de especialistas de alto nivel, podrán interactuar con líderes de empresas, de la academia, del gobierno, de la sociedad civil y con otros universitarios interesados en temas relacionados con la movilidad sostenible y, recibirán, un diploma y un cheque simbólico como reconocimiento a sus contribuciones. Suerte a los participantes. |



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**



**IGUALDAD
DE GÉNERO
UNAM**

CICLO DE CONFERENCIAS

INVESTIGADORAS

PIONERAS DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

Dra. Rosario
Iturbe Argüelles

Dra. Cristina
Verde Rodarte

Dra. Sonia Elda
Ruiz Gómez

Dra. Blanca
Jiménez Cisneros

Dra. María Teresa
Orta Ledesma

7 de marzo de 2025

PASADO, PRESENTE Y FUTURO
DE LA SUBDIRECCIÓN DE
ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Dra. Sonia Elda Ruiz Gómez

14 de marzo de 2025

¿NAVEGANDO
CONTRA CORRIENTE?

Dra. Blanca Jiménez Cisneros

21 de marzo de 2025

EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA
AMBIENTAL HACIA LA SOSTENIBILIDAD
SUBDIRECCIÓN DE HIDRÁULICA
Y AMBIENTAL

Dra. Rosario Iturbe Argüelles y
Dra. María Teresa Orta Ledesma

28 de marzo de 2025

ATRAÍDA POR EL
CONTROL AUTOMÁTICO:
TECNOLOGÍA INDISPENSABLE,
UBICUA E INVISIBLE

Dra. Cristina Verde Rodarte

Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth
Edificio 1, Instituto de Ingeniería UNAM

Auditorio José Luis Sánchez Bribiesca
Torre de Ingeniería, UNAM

Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth
Edificio 1, Instituto de Ingeniería UNAM

Auditorio José Luis Sánchez Bribiesca
Torre de Ingeniería, UNAM

Todas las conferencias se llevarán a cabo de 12:00 a 13:00 h.



Sigue la transmisión en vivo a través de:

<https://streaming.iingen.unam.mx/>