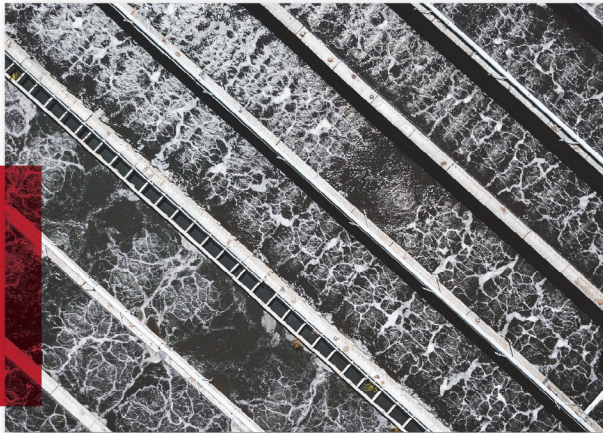




# GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

ISSN: En trámite

No. 158 | enero - febrero 2023



Proyección de huellas acústicas asociadas a la operación de aeronaves de ala fija en el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles

Variación superficial de la temperatura, salinidad y clorofila en la Península de Yucatán

Reflexiones sobre la epidemiología de aguas residuales y su impacto en los sistemas de tratamiento de agua residual municipal

Grupo de investigación en nuevos materiales para la industria de la construcción

# EDITORIAL

El primer bimestre de 2023, en el que celebramos el 67º Aniversario de la creación del Instituto de Ingeniería, hemos tenido un inicio muy fuerte e importante de actividades académicas y administrativas; a pesar de que continuamos en pandemia COVID-19, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud. Dentro de las actividades académicas más sobresalientes quisiera mencionar el inicio del semestre escolar 2023-2 en formato 100% presencial. En este sentido, hago un exhorto para que la participación de los académicos del Instituto de Ingeniería, en los cursos de las licenciaturas y posgrados en los que es entidad participante o responsable, sea muy importante y de manera decidida para impulsar una mejor formación de nuestros estudiantes, la cual, ha sido afectada negativamente en los últimos tres años por la pandemia.

Por otra parte, quisiera mencionar que en una ceremonia realizada el 7 de febrero en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth, se dieron a conocer los nombres de los líderes y de los proyectos de Grupos Interdisciplinarios de Investigación 2023 (GII-2023), que fueron aprobados por el Consejo Interno en su sesión del 19 de enero de 2023. En esa ceremonia nos acompañaron de manera presencial, varios miembros del Consejo Interno, el Dr. José Saniger Blesa, Titular de la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la CIC y su colaborador (Ing. Raúl Gio), así como la Mtra. Rocío Cassaigne Hernández, Secretaria de Vinculación y la Dra. Rosa María Flores Serrano, Subdirectora de Hidráulica y Ambiental, a quienes agradezco todo el apoyo e ideas que aportaron para hacer realidad esta iniciativa que espero tenga mucho éxito. También, asistieron el Lic. Salvador Barba Echavarría, Secretario Administrativo y los cuatro líderes GII que presentaron un breve resumen de sus proyectos, que incluyó el título, objetivo general y los participantes del Instituto de Ingeniería de otras entidades de la UNAM. Los líderes que les fueron aprobados sus proyectos en el eje temático de Nexa Agua-Energía-Ambiente-Seguridad alimentaria son los doctores Iván Moreno Andrade, María Teresa Orta Ledesma y Rodolfo Silva Casarín; en el eje temático de Ciudades inteligentes es el Doctor José Luis Fernández Zayas. Respecto a otros proyectos, quisiera felicitar a los doctores José Francisco Sánchez Sesma de la Coordinación de Ingeniería Sismológica y al Dr. Bernardo Figueroa González de la Unidad Académica Sisal, debido a que se les aprobaron sus propuestas presentadas en el marco de la convocatoria publicada de manera conjunta entre la UNAM y la Universidad de Illinois.

Por otra parte, en estos dos primeros meses de 2023, he realizado nuevas designaciones académicas, de manera conjunta con otros titulares o de forma individual. El Dr. Francisco Javier Cervantes Carrillo fue designado Subcoordinador de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables (LIER), en la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), Unidad Juriquilla, para el periodo del 1 de febrero de 2023 al 31 de enero de 2026. Esta designación se realizó el 11 de enero de 2023, con base en un acuerdo de las directoras y el director de las entidades responsables (Instituto de Energías Renovables, Instituto de Ingeniería y la ENES Juriquilla) de la LIER. El Dr. Cervantes sustituyó en el cargo al Dr. Alejandro Vargas Casillas, a quien agradezco su gran labor realizada durante el periodo que fungió en el encargo. Asimismo, designé al Dr. Ignacio Monje Ramírez como mi representante ante el Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra, de enero de 2022 a diciembre de 2025. Un gran agradecimiento a los doctores Carrillo y Monje por aceptar sus designaciones y les deseo mucho éxito en el papel que desempeñarán para apoyar a la comunidad académica del Instituto y en general de la UNAM.

Adicionalmente, designé al Arq. Sebastián Israel Martínez Bucio para relevar como Secretario Técnico al Arq. Aurelio López Espíndola, a partir del 1 de febrero. Asimismo, la Mtra. Margarita Elizabeth Cisneros Ortiz la designé a partir del 1 de marzo como Coordinadora de Ingeniería Ambiental, para sustituir a la Dra. Susana Saval Bohórquez. Agradezco al Arq. López y a la Dra. Saval su desempeño realizado a lo largo del periodo del cumplimiento de sus cargos, en particular, reconozco la gran labor de la Dra. Saval para lograr la certificación del Laboratorio de Ingeniería Ambiental. De la misma manera, agradezco a la Mtra. Cisneros y al Arq. Martínez haber aceptado el compromiso y reto que representan sus designaciones.

Para concluir, reitero mi llamado para que nos unamos más y cerremos filas para trabajar por el Instituto en este 2023, con el fin de superar exitosamente los retos que enfrentaremos.

Cordialmente,

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

## UNAM

Rector  
Dr. Enrique L. Graue Wiechers  
Secretario General  
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
Secretario Administrativo  
Dr. Luis A. Álvarez-Icaza Longoria  
Secretaría de Desarrollo Institucional  
Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

Secretaría de Prevención,  
Atención y Seguridad Universitaria  
Lic. Raúl  
Arcenio Aguilar Tamayo  
Abogado General  
Dr. Alfredo Sánchez Castañeda  
Coordinador de la Investigación Científica  
Dr. William H. Lee Alardín  
Director General de Comunicación Social  
Mtro. Néstor Martínez Cristo

## IUNAM

Directora  
Dra. Rosa María Ramírez Zamora  
Subdirector de Estructuras y Geotecnia  
Dr. David Murá Vilá  
Subdirector de Hidráulica y Ambiental  
Dra. Rosa  
María Flores Serrano  
Subdirector de Electromecánica  
Dr. Arturo Palacio Pérez  
Subdirector de Unidades Académicas Foráneas  
Dr. Germán Buitrón Méndez

Secretaría Académica  
Dra. Norma Patricia López Acosta  
Secretario Administrativo  
Lic. Salvador  
Barba Echavarría  
Secretaría Técnica  
Arq. Sebastián Israel Martínez Bucio  
Secretaría de Telecomunicaciones e Informática  
Ing. Marco Ambriz Maguey  
Secretaría Técnica de Vinculación  
Mtra. María del Rocío  
Cassaigne Hernández

## GACETA DEL IUNAM

Editor responsable  
Lic. Verónica Benítez Escudero  
Reportera  
Lic. Verónica Benítez Escudero  
Fotografías  
Archivo Fotográfico del IUNAM  
Diseño  
Lic. Oscar Daniel López Marín  
Corrección de estilo  
Gabriel Sánchez Domínguez

## GACETA DEL IUNAM

GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM, Año 2023, Número 158, enero - febrero 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 Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, teléfono 5623-3600, Dirección electrónica de la publicación <http://www.ingen.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.

## PROYECCIÓN DE HUELLAS ACÚSTICAS ASOCIADAS A LA OPERACIÓN DE AERONAVES DE ALA FIJA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL FELIPE ÁNGELES

JONATHAN HERNÁNDEZ-GARCÍA,  
ARTURO PALACIO-PÉREZ, A. RODRÍGUEZ-VALDÉS,  
JESÚS MEJÍA-GÓMEZ, J. ENRIQUE GUZMÁN VÁZQUEZ  
Y ROBINSON RAMÍREZ-GONZÁLEZ

### Resumen

En este artículo se estiman las huellas acústicas generadas por las operaciones de despegue y aterrizaje de aeronaves en el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

### Introducción

El ruido se ha catalogado a nivel internacional como un contaminante ambiental que puede afectar seriamente la salud y bienestar de la población en general. Por ello, el interés en su cuantificación y propagación en las actividades industriales ha cobrado gran relevancia. El ruido que se percibe a nivel de suelo debido a la operación de aeronaves que aterrizan y despegan de una pista depende de múltiples factores, los principales son: las características del motor propulsor y el diseño

aerodinámico del fuselaje, la rapidez del aire, su trayectoria, la topografía local y las condiciones meteorológicas. La Subdirección de Electromecánica del Instituto de Ingeniería de la UNAM, en su participación en las grandes obras de infraestructura del país, llevó a cabo en conjunto con la SEDENA estimaciones de emisiones acústicas para las dos primeras etapas de operación del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA). Se consideraron trayectorias de despegue y aproximación estándar, ambos sentidos en la dirección de las pistas, así como variaciones en la distribución del número de operaciones para las dos pistas bajo análisis; a partir de ello, se han determinado las huellas acústicas y los niveles de ruido esperados a diferentes distancias de la línea de emisión de ruido con base en el nivel sonoro promedio para las 24 horas de día-noche (“Day-Night average”, Ldn o DNL), en el cual, las mediciones del nivel de ruido entre las 22:00 y las 7:00 horas son penalizadas en 10 dB para considerar el decremento en el ruido de fondo en zonas urbanas durante ese periodo [1]. Las estimaciones fueron realizadas con objeto de determinar la potencial afectación en el entorno del AIFA y las posibles medidas de atenuación.

### Primera fase de operación

Para determinar la afectación por niveles de ruido se analizaron dos fases de desarrollo del aeropuerto con base en los datos proporcionados por SEDENA. En la primera fase se toma en cuenta la participación de aeronaves código C, que comprende aeronaves con envergadura de 24 a 36m (por ejemplo, el Airbus 320) para el total de operaciones comerciales; en promedio, se realizan 328 operaciones diarias cuya distribución horaria se presenta en la Fig. 1. Se conformó una base de datos que fue ingresada al *software* AEDT3b (Aviation Environmental Design Tool) [2] para la obtención de las huellas de ruido.

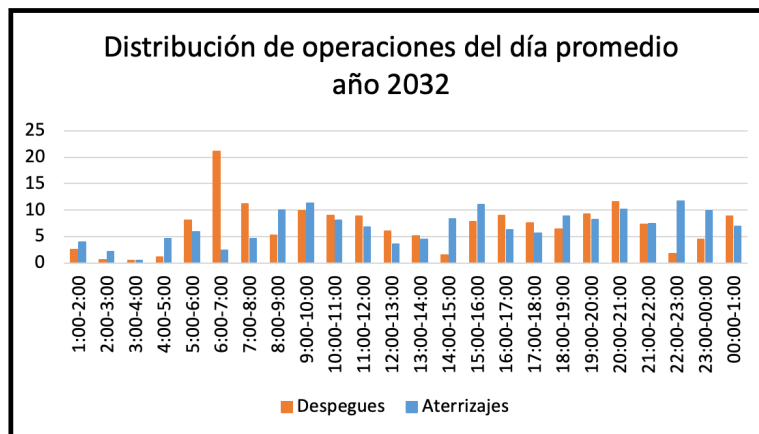


Figura 1. Distribución horaria de operaciones en el día promedio durante la primera fase de operación del AIFA. Fuente: elaboración propia con base en estudio realizado por AdP (Aéroports de Paris)

A partir de estos datos de las trayectorias de despegue de aproximación estándar y de la consideración de una distribución de 70% para las operaciones de la Pista 1 y 30% para la Pista 2, se obtuvo la huella de ruido anual promedio de las operaciones de la primera fase del AIFA (Fig. 2). Se puede apreciar que las estimaciones del rango audible, mayor a 40 dBA (donde dBA se refiere a decibeles en ponderado A; diseñado para ajustarse a la respuesta del oído humano a niveles de sonido relativamente bajos [3]), pueden abarcar zonas que se extienden aproximadamente 50 km, desde el umbral de la pista, hacia el noreste de la ciudad de Pachuca en el estado de Hidalgo. Para el caso de la trayectoria de aproximación, los efectos por encima de los 40 dBA se estiman audibles en el municipio de Naucalpan de Juárez en el Edo. de México (localizado a una distancia alrededor de 30 km).

Con respecto a las zonas afectadas por emisiones acústicas de las aeronaves por encima de los 55 dBA (Fig. 3), se puede mencionar que constituyen una superficie de alrededor de 73.2 km<sup>2</sup>, cuyo alcance máximo al noreste se encuentra en el municipio de Temascalapa en el Edo. Mex. (aproximadamente a 17 km del umbral de despegue); hacia el suroeste el alcance máximo se encuentra en los límites del municipio de Tultepec (12 km con respecto al cabezal de despegue).

Un análisis en las cercanías del polígono del AIFA, revela que la superficie de la región de afectación con niveles superiores a los 65 dBA (Fig. 4), el cual se establece como límite máximo para fuentes fijas en la NOM-081-SEMARNAT-1994, es de alrededor de 14 km<sup>2</sup>, y que el punto más alejado en dirección noreste se encuentra aproximadamente a 4 km del límite del predio, sobre el límite del Edo. de México con el Estado de Hidalgo; mientras que, en el sentido de la trayectoria de aproximación, el punto de la región de afectación superior a 65 dBA se encuentra aproximadamente a 1200 metros del límite de las instalaciones del aeropuerto.

### Segunda fase de operación

Para la segunda fase del AIFA, fueron empleados los datos de operaciones comerciales proyectadas para 2042. Éstas ascienden a 245,529 operaciones anuales, es decir, 673 operaciones diarias en promedio y se contempla la inclusión de aeronaves código E con envergaduras entre 52 y 65 m (como el Boeing 777). De manera análoga a lo desarrollado para la fase uno, se obtuvo la distribución horaria de las operaciones en el día promedio, ésta se puede observar en la Fig. 5.

Empleando las mismas consideraciones aplicadas a la primera fase (distribución de operaciones en pista 1 de 70% y en pista 2 de 30%), fue obtenida la huella de ruido del día promedio de operaciones de la segunda etapa del AIFA (Fig. 6), donde es posible apreciar que las estimaciones de zonas dentro del rango de la métrica DNL mayor a 40 dBA pueden alcanzar hacia el noreste el municipio de Huasca de Ocampo en el estado de Hidalgo (situado aproximadamente a

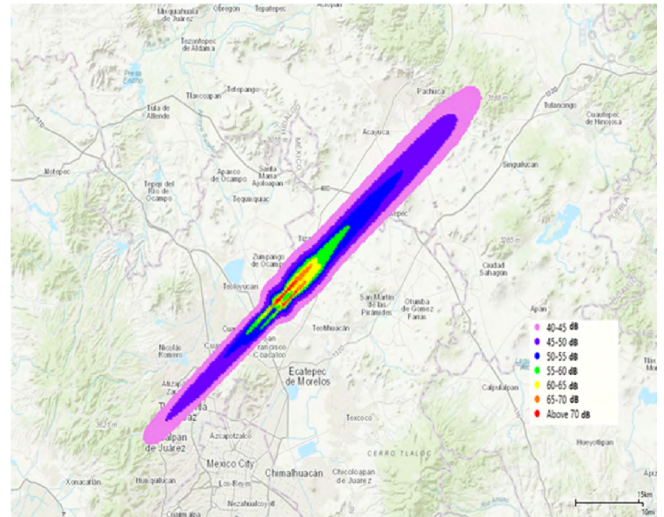


Figura 2. Huella de ruido producida por la operación en el día anual promedio de la primera fase del AIFA

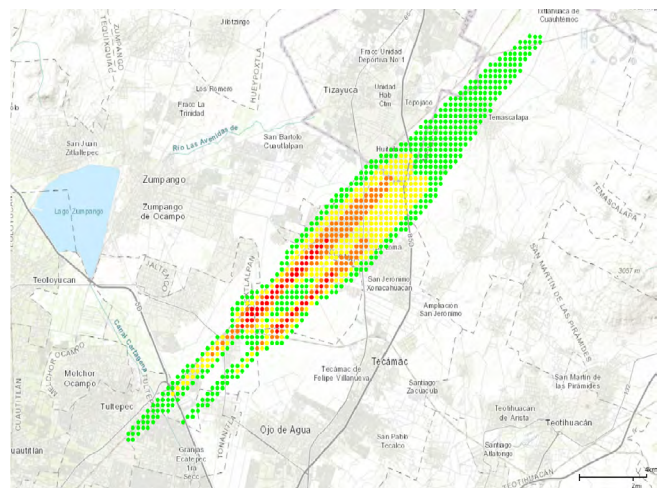


Figura 3. Zonas con efectos audibles superiores a los 55 dBA para la fase 1 del AIFA

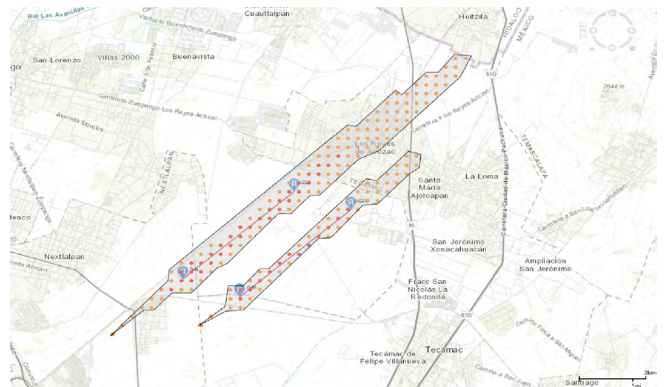


Figura 4. Polígonos de efectos sonoros superiores a 65 dBA

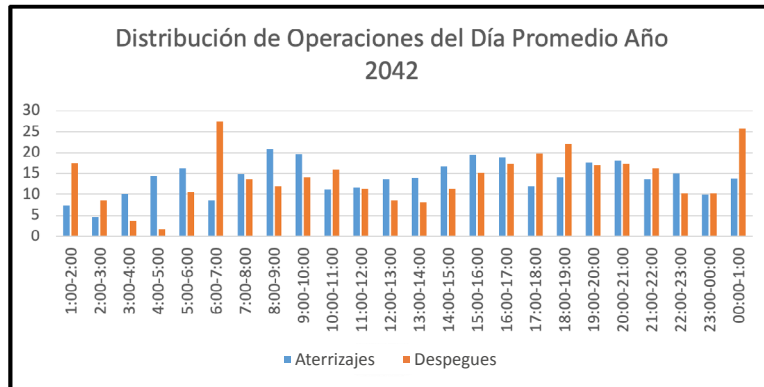


Figura 5. Distribución horaria de Operaciones del día promedio para el año 2042.  
Fuente: elaboración propia con base en estudio realizado por AdP (Aéroports de Paris)

70 km de distancia). Para el caso de la trayectoria de aproximación, los efectos por encima de los 40 dBA se estiman audibles en los municipios de Jilotzingo y Naucalpan de Juárez, ambos en el Edo. de México.

El caso análogo al presentado para la primera etapa con respecto a las zonas con una afectación por producción de ruido de las aeronaves por encima de los 55 dBA (Fig. 7), muestra que el municipio de Zempoala en el estado de Hidalgo es el afectado más distante en dirección noreste de las instalaciones del aeropuerto (localizado a una distancia que ronda los 35 km), mientras que hacia el suroeste la huella de ruido alcanza el municipio de Tultitlan, en el Estado de México (ubicado a una distancia cercana a 20 km). La superficie alcanzada por estos niveles de ruido es de alrededor de 184 km<sup>2</sup>.

El análisis en las cercanías del predio del AIFA denota que, para la proyección de la segunda etapa, el punto que delimita la región de afectación con niveles superiores a los 65 dBA se traslada aproximadamente a 6 km del límite del predio en dirección noreste, casi en la frontera del Estado de México con el estado de Hidalgo. Para el caso de la trayectoria de aproximación, el punto de la región de afectación superior a 65 dBA se encuentra a 2.7 km del límite del predio del aeropuerto (Fig. 8).

### Conclusiones

La comparativa entre las huellas de ruido proyectadas para la primera y segunda fases de operación del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), se presenta en la Fig. 9. El desplazamiento del punto más lejano a las instalaciones del AIFA en dirección noreste es de 11 km con respecto al punto correspondiente al primer escenario. En dirección suroeste, la diferencia entre los puntos más alejados de las instalaciones del aeropuerto ronda los 5 km. La diferencia entre la superficie

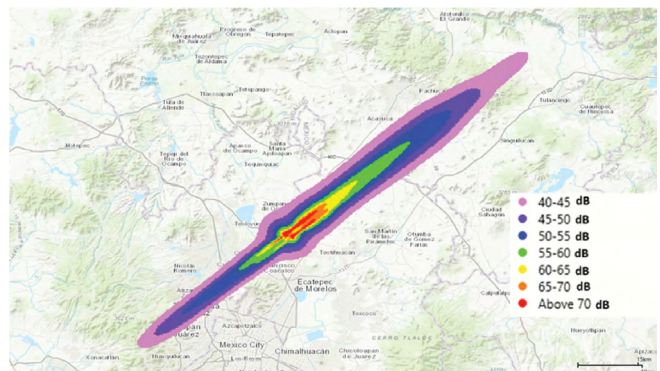


Figura 6. Huella de ruido para regiones con efectos audibles superiores a los 40 dBA para la segunda etapa del AIFA

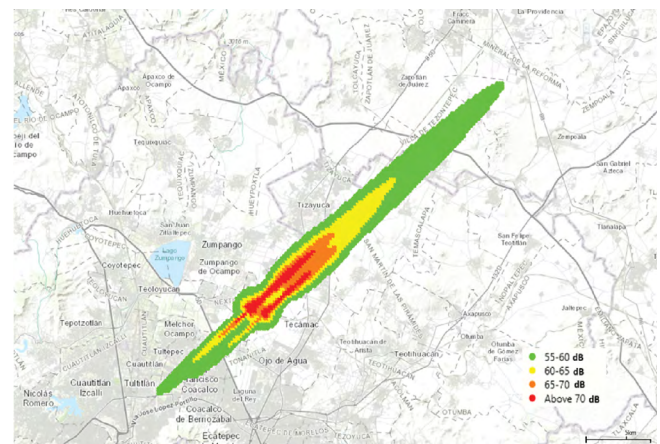


Figura 7. Huella de ruido para regiones con efectos audibles por encima de 55 dBA para la segunda fase de operación del AIFA

afectada por las operaciones de la primera fase y la superficie afectada por las operaciones de la segunda fase es de alrededor de 60%. Las zonas con niveles sonoros superiores a 65 dBA se encuentran aproximadamente a 2 km de las pistas de aterrizaje, de la unidad habitacional militar y de los museos dentro del polígono del AIFA. Por esta razón, actualmente, se encuentra en progreso un estudio focalizado que permitirá identificar las medidas de mitigación apropiadas para dichas áreas.

### Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado por la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) para la elaboración de este estudio.

### Referencias

- [1] United States. Office of Noise Abatement (1974). Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety (No. 2115). US Government Printing Office.
- [2] Federal Aviation Administration (2020). Aviation Environmental Design Tool (AEDT 3b). Windows. Cd.Mx.: UNAM. (Software)
- [3] Kang, J. (2007). Urban Sound Environment (1<sup>st</sup> ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482265613>.
- [4] ICAO Doc 9829, Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management.
- [5] ICAO Doc 9943 (2010). Report To CAEP By The CAEP Noise Technology Independent Expert Panel: Aircraft Noise Technology Review and Medium and Long Term Noise Reduction Goals.
- [6] ICAO Doc 10017. Report by the Second CAEP Noise Technology Independent Expert Panel. Novel Aircraft-Noise Technology Review and Medium- and Long-Term Noise Reduction Goals (English-only publication).
- [7] ICAO Environmental Report 2019 (Chapter 2 -50 years of Annex 16 – the Special Meeting on Aircraft Noise in the Vicinity of Airports).
- [8] ICAO Doc 9501 (2019). Environmental Technical Manual on the use of Procedures in the Noise Certification of Aircraft (Volume I).
- [9] NOM-081-SEMARNAT-1994: Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas.

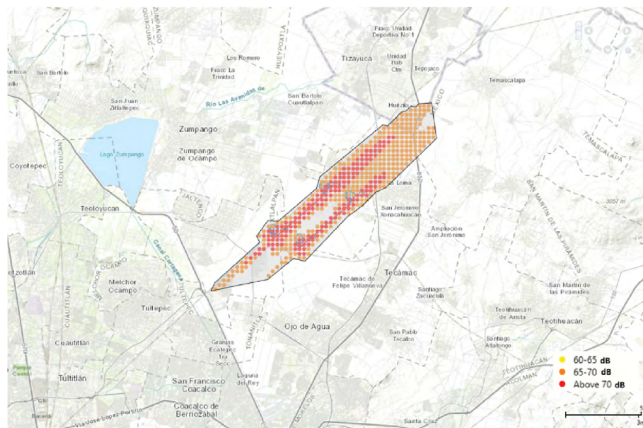


Figura 8. Polígono de afectación de zonas con efectos audibles superiores a los 65 dBA

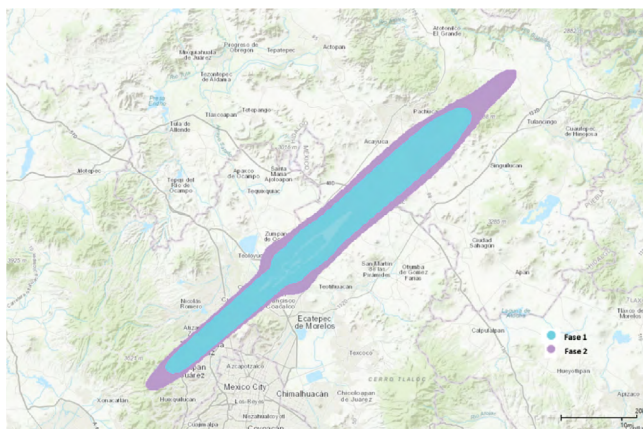


Figura 9. Comparativa entre las huellas de ruido de la primera y segunda fases



Juntos  
prevenimos  
la COVID-19

## VARIACIÓN SUPERFICIAL DE LA TEMPERATURA, SALINIDAD Y CLOROFILA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

J. ALEJANDRO KURCZYN R.

Se realizaron cuatro muestreos en embarcaciones menores sobre la costa oeste de la Península de Yucatán, durante diferentes estaciones del año, con el fin de observar la variación natural de la temperatura y la salinidad frente a las costas de Campeche. Las variables fueron analizadas usando una sonda que mide temperatura, conductividad y presión (CTD por sus siglas en inglés). La Fig. 1 muestra los datos de la Temperatura Superficial del Mar, en ella, se aprecia la variación anual del ciclo de calentamiento-enfriamiento de las aguas marinas del Golfo de México.

Posteriormente, se complementó esta información con imágenes de satélite de esta misma variable (Fig. 2) para ampliar su estudio espacial y temporal. Estas imágenes corresponden a un promedio climatológico estacional de más de 40 años de observaciones (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

Los procesos de evaporación-precipitación pudieron verse reflejados en los datos de la salinidad superficial del mar. Fue durante la primavera donde se observaron las máximas salinidades cerca de la costa (Fig. 3), mientras que en otoño se observaron los valores mínimos (a finales de la época regional de lluvias). En el muestreo llevado a cabo en invierno, se observa poca variación de la salinidad en el área de estudio. Esta época está influenciada por el paso de los frentes fríos que ayudan a mezclar las aguas.

Al igual que con la temperatura, ampliamos el análisis temporal y espacial de la salinidad usando datos de satélite (<http://bec.icm.csic.es>). Estos datos muestran la influencia del río Grijalva-Usumacinta y de las aguas de la Laguna de Términos en la señal de salinidad (Fig. 4). Estos datos muestran los valores máximos durante el invierno a diferencia del muestreo en campo. En general, no se aprecia una diferencia estacional de la salinidad tan marcado como se observó con el muestreo *in-situ*, aunque cabe señalar que, estos muestreos bien pueden caer en las zonas sin datos frente a la costa de Campeche (nótese los datos en blanco en las coordenadas 19°N, 91°W). Algunos productos de satélite carecen de datos muy cerca de la costa, la salinidad superficial es uno de ellos.

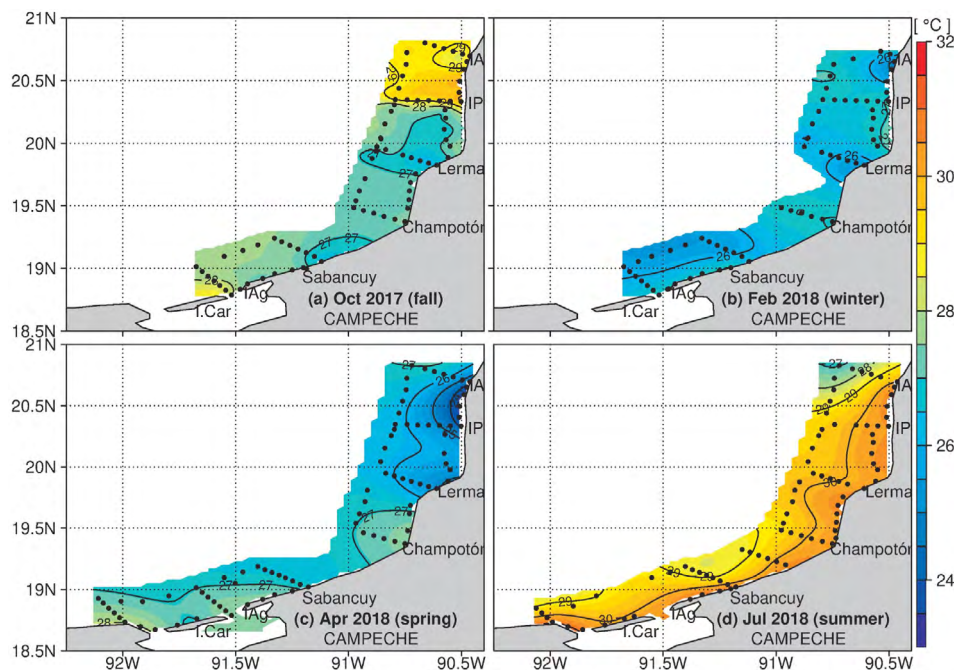


Figura 1. Distribución de la Temperatura Superficial del Mar a partir de muestreos hechos en campo

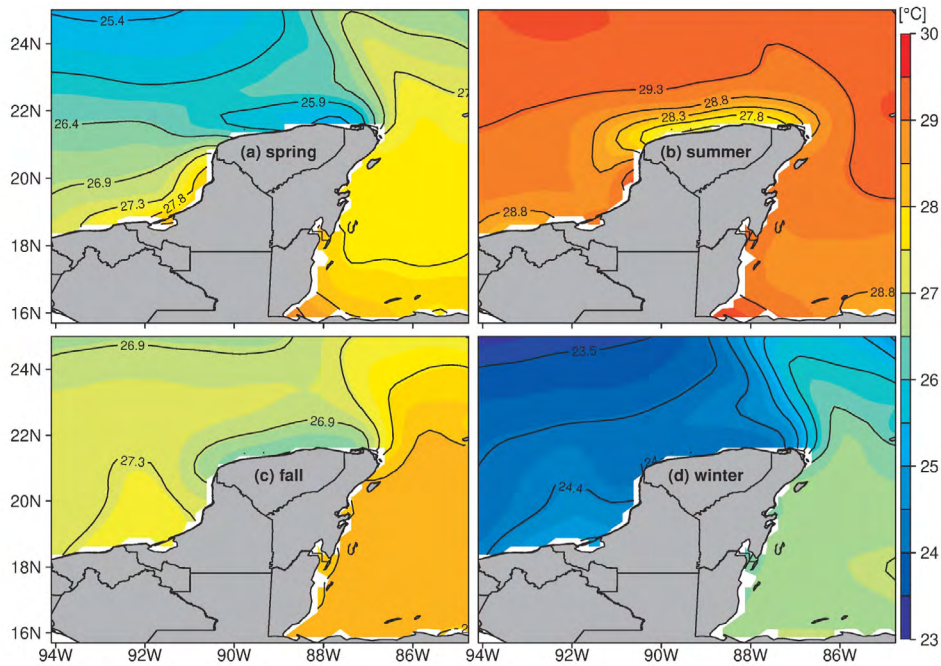


Figura 2. Climatología estacional de la Temperatura Superficial del Mar en la península de Yucatán a partir de satélite

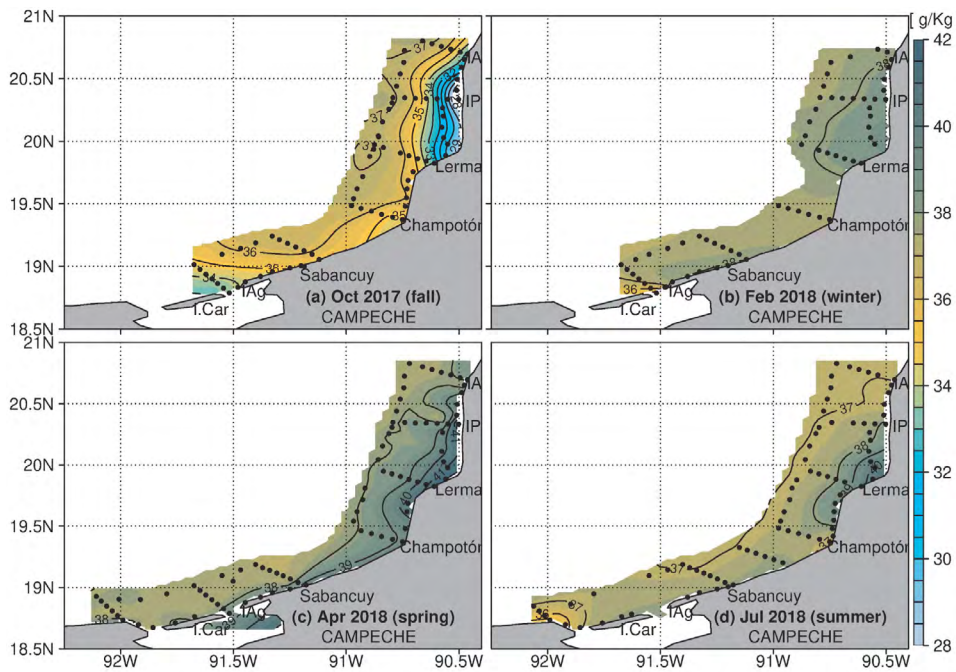


Figura 3. Distribución de de la Salinidad Superficial del Mar, a partir de muestreos realizados en campo



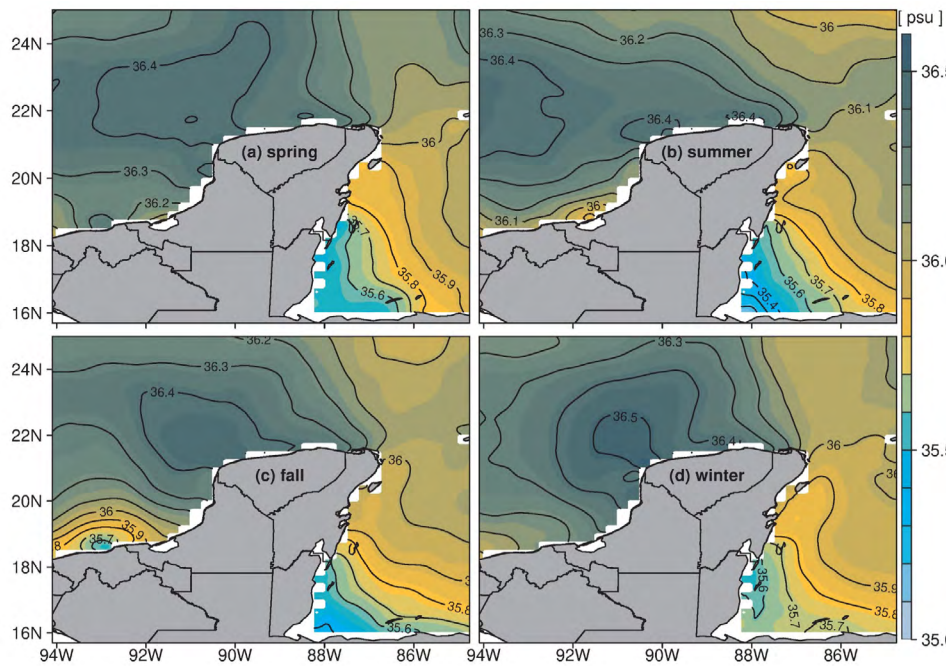


Figura 4. Climatología estacional de la Salinidad Superficial del Mar en la península de Yucatán, a partir de satélite

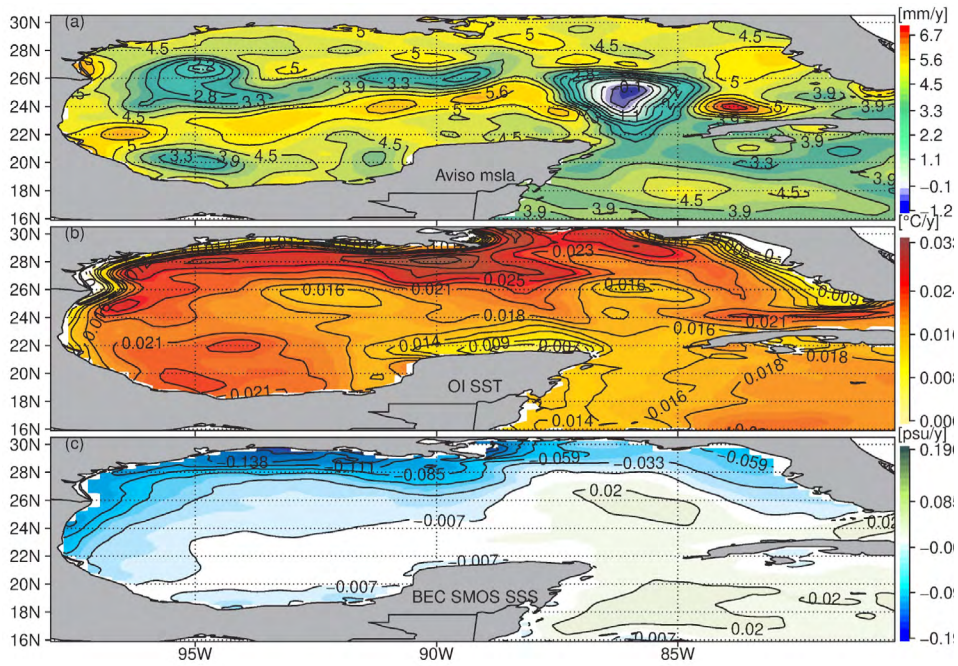


Figura 5. Tendencia a futuro del nivel del mar, la Temperatura Superficial y la Salinidad Superficial del Mar, estimada a partir de satélites

Usando periodos largos obtenidos de datos de satélite, abarcando por lo menos más de una década de observaciones, se pudo analizar la tendencia a futuro de las variables del nivel del mar, la temperatura superficial y la salinidad superficial del mar. Éstas muestran una tendencia de elevación del nivel del mar para toda las costas del Golfo de México, con valores mayores para las costas de Veracruz (~6 mm año<sup>-1</sup>). La temperatura superficial dentro del Golfo de México, muestra también una tendencia positiva, es decir, a elevar la temperatura del agua marina. Es frente a las costas del sur de Veracruz y Tabasco donde se esperan las elevaciones mayores (0.024 °C año<sup>-1</sup>). En el caso de la salinidad superficial, ésta mostró una tendencia mayormente negativa (a

disminuir los valores de salinidad), pero, hay zonas con tendencia positiva (es decir, de aumento de la salinidad). En general, la costa mexicana del Golfo de México tenderá a disminuir sus valores de salinidad, sienta la costa norte de Tamaulipas donde se percibirán los mayores cambios (-0.085 psu año<sup>-1</sup>). Mientras que de la costa de Río Lagartos a Holbox en Yucatán, se espera un aumento de la salinidad menor a 0.02 psu año<sup>-1</sup>.

### Agradecimientos

El autor desea agradecer al proyecto PAPIIT IA100821 por el financiamiento otorgado para llevar a cabo esta investigación. |

RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS

# ECOTIPS



RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS

## Reciclaje de papel

Las cajas con esta leyenda se encontrarán distribuidas en todos los edificios



**UNÁMONOS POR UN MEJOR PLANETA**

**COLOCA AQUÍ EL PAPEL QUE NO PUEDES VOLVER A USAR, ÚNICAMENTE RECICLAR**

CUANDO SE LLENE LA CAJA FAVOR DE REPORTARLO AL CORREO  
RChavezP@iingen.unam.mx  
CSantosV@iingen.unam.mx

**GRUPO RAMII**  
INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM  
Responsabilidad Ambiental

**UNÁMONOS POR UN MEJOR PLANETA**  
COLOCA AQUÍ EL PAPEL QUE NO PUEDES VOLVER A USAR ÚNICAMENTE RECICLAR

## REFLEXIONES SOBRE LA EPIDEMIOLOGÍA DE AGUAS RESIDUALES Y SU IMPACTO EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL

DANIEL DE LOS COBOS VASCONCELOS,  
YOVANY CUETERO MARTÍNEZ  
Y ADALBERTO NOYOLA ROBLES

Es un hecho que la mayoría de las actividades de nuestras sociedades conllevan al uso del agua y a su consecuente disposición. En algunos casos, existen redes de drenaje que colectan el agua residual de grandes áreas urbanas y la dirigen a plantas de tratamiento (PTAR) donde se pretende recuperar la calidad del líquido. Por otro lado, en sitios rurales donde no existen redes de alcantarillado se recurre a alternativas como los tratamientos descentralizados.

Los sistemas de tratamiento de agua residual convencionales están pensados para reducir los contaminantes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en las mismas. Utilizando ciertos trenes de tratamiento es posible eliminar la mayor parte de estos contaminantes, de tal manera que se cumpla la normatividad de descarga en aguas superficiales o subterráneas y se disminuya el impacto producido tanto en los ecosistemas como en las poblaciones humanas a donde llegan dichas descargas.

El tren de tratamiento se refiere a un conjunto de procesos conectados que van separando, transformando o eliminando los diferentes contaminantes del agua residual. Los procesos biológicos, implementados masivamente en la mayoría de las PTAR del planeta, son responsables de la disminución de la materia orgánica disuelta y particulada; esto depende del tipo de proceso, pueden alcanzarse eficiencias de remoción arriba de 80% con respecto a la concentración a la entrada del proceso. Estos procesos son llevados a cabo por microorganismos que utilizan los contaminantes del agua residual como nutrientes, lo que les permite crecer y multiplicarse. Posteriormente, estos microorganismos son separados del agua tratada, una parte puede reincorporarse al proceso biológico para mantener una concentración determinada de microorganismos, mientras que otra parte puede llevarse a un proceso de compostaje o digestión, aerobia o anaerobia, que disminuya la cantidad de microorganismos, por tanto, el volumen que ocupan en el lodo. En algunos casos, es posible aprovechar los subproductos generados durante el proceso, como el biogás producido durante la digestión anaerobia.

En años recientes, se ha observado que estos procesos han sido el escenario donde ocurre el fenómeno de transferencia de la resistencia a antimicrobianos entre microorganismos (Cuetero-Martínez *et al.*, 2022; Jankowski *et al.*, 2022; Machado *et al.* 2023). Dicho fenómeno ocurre gracias a que los microorganismos tienen la capacidad de intercambiar información entre ellos cuando se transfieren genes específicos. Los genes son un conjunto de moléculas compuestas de ADN (ácido desoxirribonucleico) que contienen la información necesaria para realizar todas las funciones que permiten a los microorganismos sobrevivir. Estos genes (o genoma, si hablamos de toda la información genética de un microorganismo), son heredados a las siguientes generaciones durante su replicación (reproducción microbiana). Sin embargo, la transferencia de genes también puede realizarse entre diferentes especies de microorganismos, por lo que la información genética que permite a una especie determinada consumir un sustrato o producir una proteína específica, puede ser obtenida por otros microorganismos diferentes.

Esta es la principal razón por la que se considera a las plantas de tratamiento de aguas residuales zonas o puntos “calientes” con respecto a la generación de bacterias resistentes a antibióticos. Esto ha preocupado bastante, sobre todo porque la resistencia transferida puede ser no sólo contra uno o dos tipos de compuestos antimicrobianos, sino varios de manera paralela, generando las llamadas “bacterias multirresistentes”. Si estas bacterias son patógenas e infectan a un ser vivo, será imposible erradicarlas usando antimicrobianos convencionales.

Para combatir la transferencia de la resistencia y la diseminación de bacterias resistentes a antimicrobianos, se han establecido estrategias a diferentes niveles. Por ejemplo, pensando en el uso de los medicamentos que contienen antimicrobianos por parte de las poblaciones, se puede controlar su distribución y consumo (Ito *et al.*, 2022). Otra estrategia, desde el punto de vista técnico, conlleva la detección y control de las salidas de las PTAR para evitar la inoculación y dispersión en ambientes y ecosistemas. Sin embargo, esta estrategia implica tener las herramientas para dar seguimiento a los compuestos antimicrobianos y a las bacterias resistentes.

Estas herramientas incluyen equipos analíticos especializados y técnicas basadas en la detección y diferenciación de estructuras químicas, como la cromatografía de líquidos o gases con detectores de espectrometría de masas. Otras técnicas son las relacionadas con la detección de genes, usando la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real o la secuenciación de alto desempeño, especialmente útiles cuando se quiere relacionar la identidad de cada microorganismo de las comunidades microbianas con la persistencia de genes de resistencia a antimicrobianos. Sobre decir entonces, que resulta indispensable contar con personal altamente capacitado, que colecte y analice

las muestras, organice la información y provea informes a los encargados de las PTAR o de los sistemas de gestión de agua.

Con esto en mente, puede deducirse que los costos de operación de las PTAR que incorporen este tipo de estrategia se elevarán bastante, debido a la adquisición de los equipos y la contratación del personal especializados. Pueden evaluarse como alternativas la tercerización de los análisis o la de centralizar los análisis de varias PTAR en un laboratorio común.

Por otro lado, los antimicrobianos no son los únicos agentes que pueden representar un problema para la salud y el equilibrio ecológico. Como se mencionó anteriormente, los microorganismos patógenos con la capacidad de resistir varios antibióticos son una amenaza que se cierne sobre los sistemas de salud. Su dispersión y multiplicación en ciertos ambientes pueden provocar nuevos focos de epidemias o pandemias como la que hemos sufrido recientemente con el virus SARS-CoV-2. El seguimiento de estos patógenos a lo largo y a la salida de las PTAR no forma parte de las normativas actuales, por lo que su implementación sería de vital importancia como medida preventiva. Este enfoque es llamado Epidemiología de las Aguas Residuales, el cual, puede aplicarse no sólo en los efluentes, sino también en la red de alcantarillado con el objetivo de predecir brotes de enfermedades por regiones. Esto es posible en aquellas infecciones que requieren tiempo de incubación y propagación en el huésped, tal que permite que su presencia sea detectada antes de producir los primeros síntomas.

Para ello, los límites de detección de las metodologías deben ser lo suficientemente bajos para que el agente patógeno, que se encuentra muy disperso y con poca cantidad en el agua residual, pueda ser identificado efectivamente. Ahora que se han evidenciado los peligros que existen en estos entornos, hasta

hace poco ignorados, ha crecido la necesidad de nuevas tecnologías rápidas y baratas que hagan frente a la alta demanda en épocas de crisis. Algunas de estas tecnologías han sido pensadas para el uso de personas no expertas que rápidamente puedan obtener un resultado útil (Mao *et al.*, 2021; Nieuwkerk *et al.*, 2020; Nißler *et al.*, 2020; Yoo y Lee, 2016).

Sin embargo, su implementación a gran escala ha sido complicada debido a que el agua residual es una matriz bastante compleja y algunos de sus componentes pueden causar interferencia en las mediciones. Otra desventaja es que muchas de ellas sacrifican la cuantificación o la precisión para obtener un resultado rápido, dejando mayor margen de error al momento de discriminar un resultado positivo o negativo. Esto también va de la mano con la falta de comparación con métodos establecidos, por lo que la validación de estas metodologías es un paso obligado antes de proponerlas como sustitutas de las tecnologías convencionales.

Recientemente, se ha realizado el seguimiento de contaminantes químicos y biológicos por diversos investigadores en diferentes sitios (Li *et al.*, 2022; Munk *et al.*, 2022; Nguyen *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2021), todos coinciden en que los efluentes de las PTAR contienen cantidades significativas de bacterias resistentes a antimicrobianos (BRA) y genes de resistencia a antimicrobianos (GRA). Esto ocurre aun en los trenes de tratamiento con procesos de sanitización posteriores al tratamiento secundario o terciario. Un caso especial son las PTAR que cuentan como proceso de pulimento de membranas de ultra o nanofiltración. Sin embargo, esto sólo controla hasta cierto punto la diseminación de las BRA, no así para los GRA, que siguen siendo liberados y pueden tener interacciones con otros microorganismos fuera de la PTAR de origen. Li y colaboradores (2022) concluyen que las PTAR deben contar



Figura 1. Planta de tratamiento de agua

al final con un sistema de oxidación avanzada que permita, bajo ciertas condiciones, eliminar por completo las BRA, GRA y los compuestos químicos como antimicrobianos que no son removidos en los trenes de tratamiento convencionales. La ventaja de este sistema es que permite desinfectar el efluente y cumplir con normatividades de descarga de efluentes a cuerpos de agua y/o infiltración de acuíferos.

Con esto en mente, sabemos que en México tenemos importantes retos por delante en materia de agua y saneamiento. Uno de los más importantes es que las PTAR del país puedan cumplir con la norma de reciente publicación (NOM-001-SE-MARNAT-2021) la cual elevó los estándares de calidad de las descargas de las PTAR. Aunque no se consideran a los contaminantes emergentes o patógenos potenciales, algunas de las medidas para mejorar el desempeño de las PTAR pudieran servir para alcanzar efluentes libres de BRA, GRA y algunos grupos de contaminantes emergentes. Sin embargo, esto no puede asegurarse hasta realizar las pruebas necesarias e implementar sistemas de seguimiento que nos den la evidencia suficiente para tomar las decisiones apropiadas.

En una investigación reciente realizada por el Grupo de Investigación en Procesos Anaerobios liderado por el Dr. Adalberto Noyola Robles (Coordinación de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería) y auspiciada por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, se llevó a cabo el muestreo de cuatro PTAR de la Ciudad de México a la entrada y salida durante la temporada de lluvias y estiaje entre septiembre de 2020 a abril de 2021. Aunque los parámetros convencionales cumplían en su momento con la normatividad vigente, se observó que algunos antibióticos seleccionados como indicadores no fueron removidos después de ser sometidos a los diferentes procesos de las PTAR. Las BRA y algunos patógenos potenciales fueron detectados por siembra en placa de agares

diferenciales y secuenciación masiva en los lodos generados de las PTAR donde se identificaron 22 patógenos y 30 BRA (Cuete-ro-Martínez *et al.*, 2023). El problema principal con las PTAR es que el funcionamiento de los procesos de estabilización de lodos residuales no es el adecuado, por lo que hay un riesgo alto de diseminación de BRA, GRA y contaminantes emergentes en ecosistemas y poblaciones humanas.

Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de crear un programa de evaluación y seguimiento basado en epidemiología de las aguas residuales que permita obtener información valiosa y pertinente para la toma de decisiones efectiva en materia de salud pública. La detección oportuna de patógenos y contaminantes emergentes puede ayudar a implementar medidas de prevención a nivel local y evitar que los brotes de enfermedades se salgan de control o mitigar los efectos de la exposición a mediano y largo plazo de diferentes contaminantes emergentes como los antimicrobianos en humanos, animales y plantas. |

#### Referencias



[https://iingen-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/ddeloscobosv\\_iingen\\_unam\\_mx/Ec85LuzejSVakiUxRdiQm5MBLT-ZWE4GRK2at73Ht3lp5UA?rttime=duAKzb4D20g](https://iingen-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/ddeloscobosv_iingen_unam_mx/Ec85LuzejSVakiUxRdiQm5MBLT-ZWE4GRK2at73Ht3lp5UA?rttime=duAKzb4D20g)

# NOTIINGEN

## ¿Conoces NOTIINGEN?

Es el noticiero del Instituto de Ingeniería presentado por Fernanda Cisneros, donde encontrarás la información más relevante del mundo de la ciencia y la tecnología que se desarrolla en la UNAM.

**Encuétralo cada viernes en nuestras redes sociales**



InstitutoIngenieriaUNAM



IIUNAM



IIUNAM



IIUNAM



IINGENUNAM

## GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN NUEVOS MATERIALES PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN ALEXANDRA OSSA LÓPEZ

Este grupo de investigación multidisciplinario conformado por académicos de las Subdirecciones de Estructuras y Geotecnia e Hidráulica y Ambiental estudia el comportamiento mecánico y químico de materiales de construcción, elaborados a partir del proceso de reciclado o procesamiento de residuos industriales y de la construcción o demolición (RCD), a fin de plantear alternativas de disminución del uso de recursos naturales disponibles. Actualmente, se desarrollan las siguientes líneas de investigación:

### Valorización de los RCD para manufacturar nuevos materiales para el sector construcción

La Dra. María Neftalí Rojas Valencia de la Coordinación de Ingeniería Ambiental, es la responsable y cuenta con la participación del M. en. C. Carlos Javier Mendoza Escobedo de la Coordinación de Ingeniería Estructural. Esta línea de investigación busca implementar la elaboración de ladrillos-AR (fabricados con agregados reciclados tipo RCD), como alternativa a los ladrillos fabricados con materiales de primer uso, cumpliendo con los parámetros de las normativas que rigen a nivel nacional, tales como: resistencia a la compresión, la absorción de agua máxima inicial y características para uso estructural y no estructural.



Figura 1. Fabricación de ladrillos con agregados reciclados y PET

Los principales logros de la investigación hasta el momento han sido la elaboración de ladrillos-AR, bloques-AR y bloques-AR tipo lego que cumplen con la normativa para materiales fabricados con materiales extraídos de bancos naturales y canteras. Estos elementos ya han sido utilizados en la construcción de bardas, jardineras, bancas y guarniciones como parte del mobiliario urbano. También, en la fabricación de banquetas y gaviones, así como en la aplicación de técnicas de arquitectura paisajista. Como producto de esta investigación se han otorgado dos patentes y otra se encuentra en trámite (Figs. 1 - 4).



Figura 2. Fabricación de ladrillos y bloques con agregados reciclados



Figura 3. Diseño de jardines urbanos y cilindros empleando RCD



Figura 4. Mobiliario Urbano fabricado con agregados reciclados

### Valorización de residuos industriales mediante activación alcalina para la producción de materiales de construcción con capacidad de captura de CO<sub>2</sub>

Las responsables son la Dras. Rosa María Ramírez Zamora y Tania Ariadna García Mejía de la Coordinación de Ingeniería Ambiental. El objetivo de esta línea de investigación es diseñar y fabricar materiales de construcción con capacidad de captura de CO<sub>2</sub>, a partir de residuos industriales tales como vidrio, escorias metalúrgicas y ceniza volante.

Entre los principales logros de las investigaciones destacan la obtención, en condiciones ambientales, de materiales activados con álcali (MAA) como bloques y ladrillos con resistencia a la compresión de 40 a 72 MPa y capacidad de captura de CO<sub>2</sub> de 0.34 a 0.80 mmol/g a una temperatura de 35 °C. Como producto de éstas se tiene una patente en trámite (Figs. 5– 8).



Figura 5. Observación visual de los residuos industriales

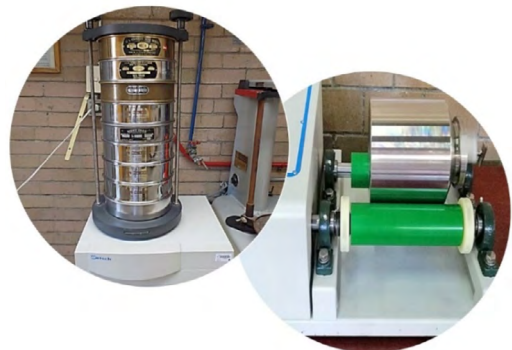


Figura 6. Acondicionamiento de los residuos industriales: Proceso de molienda y tamizado



Figura 7. Evaluación del comportamiento mecánico a la compresión de los materiales



Figura 9. Big bag y costales de rafia, ambos residuos fabricados mediante el tejido de fibras sintéticas de polipropileno, al igual que algunas fibras comerciales que se adicionan a los concretos

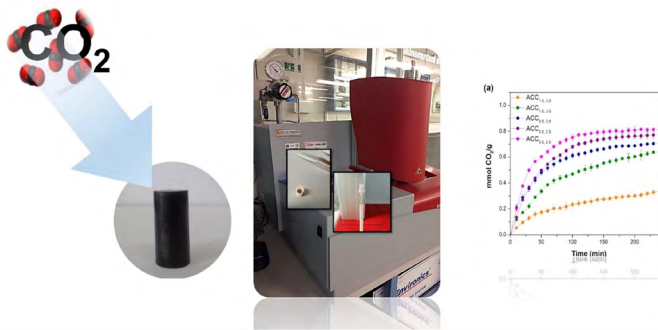


Figura 8. Evaluación de la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> de los materiales



Figura 10. Neumáticos fuera de uso, su reciclado permite reutilizar el alambre de acero como subproducto para su uso como fibra de acero en el concreto

### Concreto sustentable elaborado con fibras recicladas

El responsable es el Dr. Carlos Aire de la Coordinación de Ingeniería Estructural. Esta línea de investigación, busca aprovechar las fibras recicladas provenientes de sacos de rafia, *big bags*, PET y neumáticos para su uso como componente del concreto. Los pavimentos y pisos de concreto son estructuras propensas a fisuración; el uso de fibras aparece como una de las mejores alternativas técnico-económicas para mejorar su desempeño. La viabilidad del concreto reforzado con fibras recicladas ha sido identificada mediante el estudio comparativo del desempeño de concretos convencionales y de concretos con fibras comerciales.

El principal logro de la investigación ha sido proponer alternativas en la elaboración de concretos con fibras sustentables para la construcción de elementos estructurales que tengan un desempeño similar a los disponibles comercialmente (Figs. 9-11).



Figura 11. Botellas de PET, material predominante en la recolección de residuos



### Concreto asfáltico elaborado con Residuos de Construcción y demolición

La responsable es la Dra. Alexandra Ossa López de la Coordinación de Geotecnia. Esta línea de investigación busca elaborar concretos asfálticos mecánicamente competentes mediante la incorporación de agregados reciclados producto de residuos de construcción y demolición con diferentes características y en diferentes proporciones.

El principal logro de la investigación hasta el momento ha sido identificar que los concretos asfálticos elaborados sustituyendo hasta 30% los agregados vírgenes por agregados reciclados de RCD, muestran un comportamiento adecuado ante el daño por humedad y la formación de roderas. Estas mezclas pueden ser utilizadas en las capas de rodadura de vías urbanas, centros comerciales, conjuntos residenciales, banquetas y mobiliario urbano (Figs. 12 – 14). |



Figura 12. Acopio y separación por tamaños de los RCD (Fuente: García-Salas, 2014)



Figura 13. Prueba para determinar la susceptibilidad al daño por humedad en concretos asfálticos con combinación de agregado pétreo y reciclado de RCD 80-20 (Fuente: García-Salas, 2014)

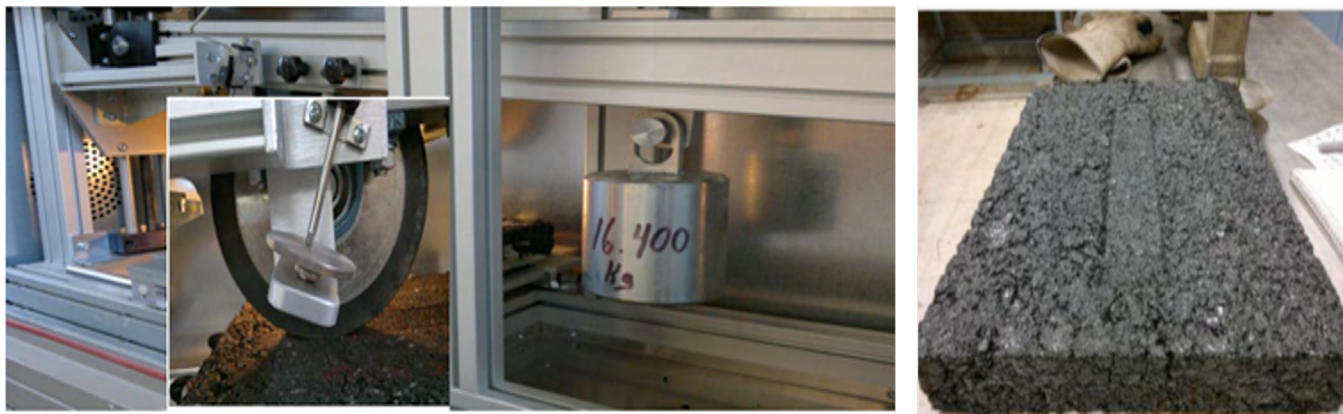


Figura 14. Prueba para determinar la resistencia a deformación permanente de concretos asfálticos elaborados con residuos RCD triturados (Fuente: García-Salas, 2014)

## ANIVERSARIO DEL IIUNAM

En la década de los cuarenta ya era evidente que México necesitaba un centro de investigación enfocado a la ingeniería donde se encontraran las soluciones a difíciles problemas que se presentaban, por ejemplo, el comportamiento de las arcillas en la ciudad de México, la construcción de presas y la infraestructura de grandes obras que requería nuestro país para su desarrollo.

El interés por construir estas obras trajo como consecuencia que ingenieros jóvenes se unieran para crear el Instituto de Ingeniería A. C., con Nabor Carrillo como rector; Javier Barros Sierra como director de la Escuela Nacional de Ingeniería; Bernardo Quintana como director de la ICA y Fernando Hiriart como profesor reconocido de la ENP y fundador de la ICA, ellos fueron algunos de los promotores de esta idea.

El apoyo de Ingenieros Civiles Asociados (ICA) fue fundamental, pues no sólo fue fuente de financiamiento, también, proporcionó los temas en los que debería de trabajar el personal de esta dependencia universitaria; además, proporcionó los equipos para los laboratorios de mecánica de suelos, análisis experimental de esfuerzos y sismología. En estos laboratorios trabajaron pilares de la ingeniería como Emilio Rosenblueth, Enzo Levi y Raúl J. Marsal, sólo por mencionar algunos.

En sus inicios, los gastos que generaba el Instituto los cubrió la ICA: 100% el primer año, 75% el segundo año, 50% el tercer año y 25% el cuarto año.

En un principio, el Instituto era la División de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

A fin de que el Instituto tuviera personalidad jurídica, el 22 de julio de 1955 en la notaria No. 38 firmaron Nabor

Carrillo Flores, Alberto Barajas y Carlos Graef, además de los patrocinadores y técnicos patrocinadores (ver la página del Instituto de Ingeniería en organización inicial del Instituto en la pestaña Nosotros).

El 22 de enero de 1956 el ingeniero Fernando Hiriart Balderama inició su periodo de cuatro años como primer director del Instituto. Fue él quien fomentó la investigación experimental para impulsar la investigación científica organizada, una manera innovadora para dirigir un centro de investigación.

Desde entonces, el Instituto de Ingeniería ha sido fundamental en el desarrollo de la infraestructura de México; ha participado en la construcción de carreteras, grandes presas, instalaciones olímpicas como el Palacio de los Deportes, el Metro, aeropuertos y el Túnel Emisor Oriente, entre muchas otras.

Para 1976, el Instituto de Ingeniería pasó a formar parte del Consejo Técnico de la Investigación Científica. En 2007 inicia sus actividades la Unidad Académica Juriquilla en Querétaro y en 2011 la Unidad Académica Sisal en Mérida.

Como se ha demostrado, el IIUNAM tiene desde sus inicios el objetivo de hacer investigación en ingeniería para dar solución a problemas nacionales; formar recursos humanos del más alto nivel y difundir sus actividades; para lograrlo, actualmente, está integrado por 112 investigadores, 103 técnicos académicos, 150 de personal administrativo, 300 profesionales de apoyo y más de 800 becarios que participan en los programas de investigación desarrollando tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Es así como el IIUNAM cumple con las funciones para las que fue creado. |



# GRUPOS INTERDISCIPLINARIOS DE INVESTIGACIÓN (GII)

El 7 de septiembre ante los miembros del Consejo Interno del Instituto de Ingeniería, se llevó a cabo una sesión para aprobar formalmente los cuatro proyectos que trabajarán los Grupos Interdisciplinarios de Investigación abordando los Ejes Temáticos Estratégicos de Investigación (ETEI), Ciudades Inteligentes y Economía Circular y Nexo: agua-energía-ambiente-seguridad alimentaria.

Tres de los proyectos corresponden a Nexo: agua-energía-ambiente-seguridad alimentaria, estarán a cargo de los Doctores Iván Moreno, Rodolfo Silva, María Teresa Orta y José Luis Fernández Zayas, este último, dirigirá el proyecto de Ciudades Inteligentes y Economía Circular.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM está interesado en fomentar la formación de GII, convencido de que de esta manera es posible, no sólo contribuir a la solución de problemas de la ingeniería y al bienestar de la sociedad, sino también, a potenciar y aprovechar tanto la capacidad como la diversidad académica con la que cuenta esta dependencia, logrando identificar y generar soluciones integrales e innovadoras a los problemas complejos en los que la ingeniería tiene un papel clave.

Para lograr estos GII, anteriormente, se llevó a cabo un Minicongreso cuyo objetivo fue que el personal académico interesado en participar se conociera entre sí, con el fin de generar propuestas más robustas capaces de atender con mayor rigor los problemas ambientales, sociales y tecnológicos en dos ejes temáticos estratégicos de investigación (ETEI) mencionados anteriormente. De este Minicongreso resultaron seleccionados los cuatro proyectos:

## Nombre de los proyectos

- Sisal, Yucatán: Hacia una ciudad sustentable y resiliente.
- Cambio de paradigma: Residuos como materia prima para conciliar el eje agua-energía-ambiente-seguridad alimentaria.
- Sostenibilidad del Caribe mexicano: Cambiando debilidades en fortalezas.
- Intensificación de los procesos para la obtención de biocompuestos a partir de agua residual.

La Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del IIUNAM, tuvo la iniciativa, a partir de allí, se cuenta con el apoyo de otras instancias universitarias como la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la Coordinación de la Investigación



Científica (CIC). Estamos seguros de que esta forma de trabajo será muy productiva y se alcanzarán resultados importantes.

Por su parte, el Dr. José Manuel Saniger Blesa, titular de la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la CIC, resaltó la importancia de los proyectos interdisciplinarios, en los que además de abarcar diferentes disciplinas, participan otras entidades con alcance institucional y acto social. Desafortunadamente, cuando hay que entrarle al tema -dijo- nos cuesta mucho trabajo involucrarnos, definirlos y sobre todo implementarlos. Estamos convencidos y sabemos lo que deberíamos hacer, pero para lograrlo de manera más fácil hay que cambiar nuestra mentalidad como investigadores, incluso, algunos cambios en las políticas de la propia universidad.

La gran ventaja -continuó- es que aquí sí se ha logrado. Y se ha logrado gracias a un proceso bien diseñado que ha permitido cubrir los objetivos de la convocatoria. Es evidente que hay voluntad compartida entre la dirección, el grupo y los cuerpos colegiados del instituto, lo que permite darle continuidad a la solicitud de esta convocatoria.

En la compleja vida administrativa de los institutos, a veces la continuidad se pierde porque hay otras emergencias y de pronto se cambia el enfoque; pero aquí, se dio la continuidad a pesar de todas las emergencias que pudo haber en medio, además, una cosa muy importante, el financiamiento. Eso no todas las entidades lo pueden hacer, pero el Instituto de Ingeniería, tiene la capacidad de generar ingresos extraordinarios que permiten el financiamiento de estas iniciativas.

En la Secretaría de Investigación y Desarrollo estamos tratando de integrar las capacidades de distintas entidades en temas concretos, no es habitual en nuestro medio que una entidad con su propio financiamiento convoque a los académicos de otras, esto es, sin duda, otra clave de éxito.

Para terminar, sólo quiero recordarles que hay mucho camino por andar, habrá que hacer seguimiento, apoyo y evaluación de todo esto, y en el futuro seguramente habrá otras convocatorias, no sólo con el financiamiento del IIUNAM sino de otras instancias para lograr el interés del personal académico. Es decir que esta actividad se convierta en una forma de trabajo dentro de nuestras entidades -concluyó. |

## SEMINARIO DE PROPIEDAD INTELECTUAL

La Propiedad Intelectual (PI) en los medios universitarios presenta características peculiares al provenir de un entorno académico altamente enriquecido por los expertos de la sociedad que los aloja. Asimismo, la función sustantiva de beneficiar a la sociedad, matiza las invenciones que pueden ser patentadas o protegidas por una figura de PI, para dar prioridad a la misión y valores de cada entidad universitaria. El potencial de las figuras de PI es considerable, en un Instituto como el IIUNAM, la posibilidad de promover la actividad inventiva de los académicos con el consiguiente reconocimiento y promoción, es un tema de relevancia e impacto que merece atención y difusión.

Sin embargo, es indispensable que una idea sea de interés para el sistema de producción, o que sugiera los beneficios potenciales de una emergente; por ello, el Seminario tuvo como objetivo reforzar el interés de los investigadores en patentar con un enfoque emprendedor, e insistir en la importancia de la protección intelectual, sin olvidar que una patente debe ser de utilidad para la sociedad.

Las universidades reconocen el valor de una patente, incluso en términos económicos, pero hay mecanismos que desalientan esta actividad que requiere minuciosas revisiones por parte de los inventores. En una solicitud de patente hay mucho trabajo técnico-científico, que procede del propio inventor; sin embargo, esto se debe organizar de tal forma que se cumplan criterios de los que no siempre están enterados los investigadores. En el IIUNAM -expresó la maestra Cassaigne- contamos con una Unidad de Patentes y Transferencia de Tecnología, que facilita a los académicos las indicaciones y precisiones indispensables para presentar una solicitud de patente, para obtener el título de otorgamiento correspondiente.



El IIUNAM presentó el pasado 31 de enero, un seminario con el título Propiedad Intelectual, en el que el Dr. Adalberto Noyola, desde la Oficina de la UNAM en China, para extender las funciones sustantivas de nuestra máxima casa de estudios en Asia, comentó que China es el país con mayor número de patentes registradas a nivel mundial, con 1.5 millones de solicitudes que aumenta 13% de manera consistente año con año, de esas patentes, 90% son de inventores chinos; afirmó que es un país al que tenemos que ver porque basa su futuro y desarrollo en la Ciencia y la Tecnología como los beneficios que esto ha traído a la población son evidentes.

Al tomar la palabra José Luis Herce, académico de la Universidad de Tarragona, España, presentó la evolución que ha tenido China gracias al apoyo que se le ha dado a la Ciencia y a la Tecnología. Relató cómo se dio la Revolución en las Universidades Europeas y Asiáticas partiendo del principio de que hay que convertir la investigación y el desarrollo en productos que beneficien a la sociedad.

Así, la economía global del siglo XXI indica que las instituciones de educación superior deben aportar a la sociedad y para ello se crearon las incubadoras de negocios. De esta manera las universidades se convierten en motores de la economía y plataformas de las nuevas tecnologías, enfocando el resultado de sus investigaciones hacia un uso productivo, no se trata de tener una patente para pegarla en la pared, hay que comercializarla para recibir los beneficios que esto conlleva.

Posteriormente, el ingeniero Andrés Esteva, de la empresa Panamericana de Patentes y Marcas (PPM), presentó paso por paso los trámites que se siguen para el registro de una patente, afirmó que es importante acercarse a los expertos en el área de patentes para ingresar la solicitud correctamente. El proceso de patentamiento es largo (en México lleva de 3 a 5 años) y el IMPI revisa cuidadosamente cada uno de los requisitos ya que lo que se va a otorgar es un monopolio por el uso de una tecnología por aproximadamente 20 años -concluyó-.

Al término de las presentaciones se llevó a cabo una mesa redonda, moderada por la maestra Cassaigne, en la que participaron José Luis Herce Vigil y Enrique Galindo Fentanes, del Instituto de Biotecnología; José Sámano Castillo, de la Secretaría de Investigación y Docencia y Andrés Esteva Wurts, de la empresa PPM todos ellos expertos en el tema de la PI.

En la clausura, la Dra. Ramírez, directora del IIUNAM, titular en al menos de 13 patentes del propio Instituto, elogió el talento de los investigadores a quienes exhortó a emprender el satisfactorio camino de patentar.

La liga para ver la reproducción del evento es:

<https://www.youtube.com/live/gYHoQV3WFro?feature=share>

## CLASE MAGISTRAL DEL DR. PIERRE-YVES BARD

En ocasión de su emeritazgo, el Dr. Pierre-Yves Bard dictó una Clase Magistral (Master Class). Se trata de una modalidad adoptada recientemente para esas ocasiones en el Instituto de Ciencias de la Tierra (ISTerre por sus siglas en francés) de la Universidad de Grenoble-Alpes (UGE) en Grenoble, Francia.

Ya es la sexta ocasión que en el ISTerre realiza una celebración como esta. Quien es distinguido como emérito presenta en una Clase Magistral su visión del área de trabajo y de su propia trayectoria, con comentarios de un colega exterior y discusiones. Así, Comprender y estimar el peligro sísmico fue el tema de la sexta Clase Magistral Senior de ISTerre, que tuvo lugar el 13 de enero de 2023 en Grenoble y fue dedicada a la carrera del Dr. Pierre-Yves Bard (ISTerre-UGE). Esta fue una espléndida oportunidad para que el Dr. Bard recordara momentos importantes de su carrera científica en la interfaz entre la sismología y la ingeniería civil. El Dr. Francisco J. Sánchez Sesma, investigador emérito del Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, comentó cómo sus trabajos teóricos sobre la propagación de ondas sísmicas y los estudios del Dr. Pierre-Yves Bard han convergido a menudo.

El Dr. Pierre-Yves Bard señaló que siendo ingeniero fue asignado a un laboratorio académico lo que le permitió vivir de cerca la relación entre la sismología y la ingeniería civil, así como las razones científicas y sociales (incluyendo algunos eventos sísmicos que lo marcaron). Estas experiencias le permitieron complementar el enfoque de simulación numérica, con la adquisición de datos, usando redes permanentes o temporales, incluso en áreas de sismicidad moderada, con las estrategias de estimar y mitigar el peligro sísmico.

Además, presentó no sólo las dificultades encontradas durante las aplicaciones operativas o reglamentarias, también las oportunidades científicas que esto puede abrir,

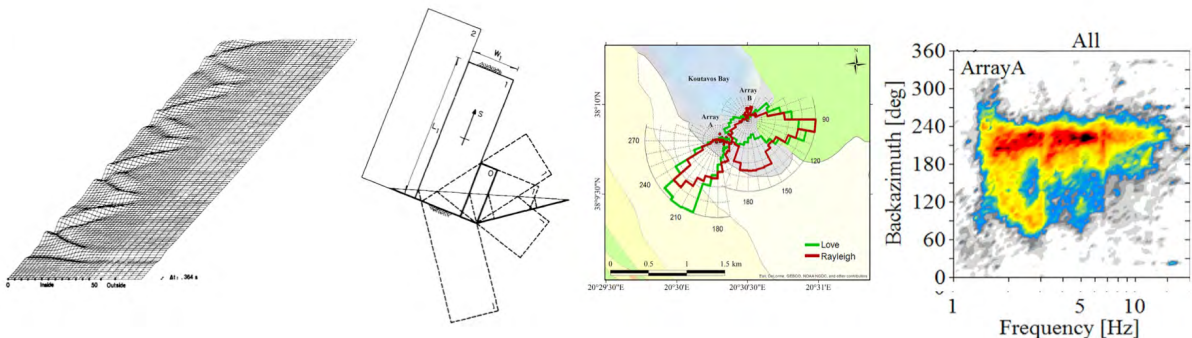
para alentar a la comunidad académica francesa a involucrarse más en el campo disciplinario del peligro sísmico, como por ejemplo, con la oportunidad del proyecto Alcese.

Por su parte, el Dr. Francisco (Paco) J. Sánchez Sesma, quien presentó el tema El enfoque geométrico-matemático como clave para comprender los efectos de sitio en el movimiento sísmico, resaltó la belleza del enfoque matemático.

Recalcó que al igual que el Dr. Pierre-Yves Bard, él también tiene pasión por el estudio de la propagación de ondas en la Tierra, además, ambos son ingenieros, por ello, sus estudios están motivados y dirigidos a aplicaciones prácticas.

Ambos investigadores se han enfocado a estudiar los mismos temas dentro de la Ingeniería Sísmica y la Sismología. Paco Sánchez Sesma desarrolló un método de ecuaciones integrales, mientras que Bard desarrolló técnicas basadas en la suma de ondas planas bajo la dirección de Michel Bouchon. Posteriormente, Pierre-Yves Bard siguió su inclinación natural hacia los terremotos centrándose en las aplicaciones prácticas de la ingeniería sísmica. Paco se concentró en las funciones de Bessel que descubrió a lo largo en sus pesquisas sobre la función de Green.

Los doctores Bard y Sánchez Sesma han tenido la oportunidad de encontrarse varias veces en el camino de la investigación analizando los temas desde diferentes perspectivas. Entre los trabajos en los que han coincidido se encuentra el ruido sísmico. En este tema el Dr. Pierre-Yves construyó el proyecto SESAME para establecer estándares en el procesamiento de registros de ruido sísmico, que incluye un producto notable: el *software* GEOPSY. Sánchez Sesma orientó sus estudios del ruido sísmico ambiental extendiendo conceptos de la física estadística y sus aspectos matemáticos al mundo de la propagación de ondas.



Esta clase magistral de Pierre-Yves fue una oportunidad magnífica para identificar convergencias de nuestras trayectorias científicas. En mi presentación, hablé de diversos enfoques numéricos, recordé algunas soluciones analíticas y comenté las ligas del concepto de campos difusos en sismología y sus vínculos con la energía de las ondas sísmicas, - afirmó Paco Sánchez Sesma -

Al término de la Clase Magistral del Dr. Bard y la intervención del Dr. Sánchez Sesma, se organizó una mesa redonda moderada por el Dr. Philippe Gueguen donde se abordaron los temas de Peligrosidad y Riesgo sísmico en áreas urbanas: investigación académica y políticas públicas, en la que participaron las Dras. Nathalie Cotte, Céline Beauval, Cécile Cornou y el Dr. Pierre-Yves Bard. |

## DÍA MUNDIAL DE LOS HUMEDALES

Con el fin de crear consciencia en la población sobre el cuidado y la importancia de los humedales, a partir de 1997 se estableció el 2 de febrero como el Día Mundial de los Humedales.

Los humedales son cuerpos de agua (dulce, salada o salubre) vitales para la vida humana, ya sea naturales o artificiales y pueden estar inundados permanente o periódicamente.

El humedal es un ecosistema que favorece las formas de vida y evita las variaciones climáticas, protegiendo así a los organismos vivos. Desafortunadamente, con el crecimiento de la mancha urbana varios humedales han desaparecido; esta situación es muy grave porque animales y plantas necesitan

de estos cuerpos de agua para sobrevivir. Otra de las funciones importantes de los humedales es la captura del carbono para eliminar los contaminantes de manera natural.

En el Instituto de Ingeniería, en la Coordinación de Hidráulica, están interesados en investigar soluciones basadas en la naturaleza utilizando humedales a fin de controlar inundaciones e incrementar la resiliencia de los ecosistemas, también, en el control tanto en la calidad del agua como en la recuperación y provisión de nuevos servicios ecosistémicos para humedales marinos, estuarinos y rivereños ya sean naturales o artificiales. |



## 11 DE FEBRERO, DÍA DE LAS MUJERES, LAS JÓVENES Y LAS NIÑAS EN LAS CIENCIAS

La Coordinación para la Igualdad de Género (CIGU) de la UNAM, en colaboración con facultades, escuelas, institutos y centros de investigación, celebra por tercer año consecutivo el Día Internacional de las Mujeres, las Jóvenes y las Niñas en las ciencias; para ello, ha diseñado un programa que incluye más de 120 actividades presenciales y virtuales, cuya programación la pueden consultar en la siguiente dirección electrónica:

<https://coordinaciongenero.unam.mx/actividades-11f-23/s>

En este año, las actividades se enfocarán hacia la igualdad de oportunidades en procesos de selección y evaluación académica, orientando a las niñas y jóvenes para que encuentren vocaciones científicas, especialmente en las disciplinas donde hay un escaso número de mujeres.

Afortunadamente, en la UNAM como en muchas otras dependencias, se han formado Comisiones para la Igualdad de Género, cuyo objetivo es, entre otras cosas, implementar políticas institucionales de igualdad de género en la Universidad; además, apoyar a las mujeres y niñas para que decidan el tipo de trabajo que deseen desempeñar a lo largo de su vida laboral. También, que aprendan a exigir respeto a su persona y que no permitan ser violentadas de ninguna manera.

La Comisión de Igualdad de Género del Instituto de Ingeniería de la UNAM organizó tres mesas redondas que se llevaron a cabo el 14 de febrero para que el público asistente realice las preguntas que deseen a las participantes. |

## DÍA MUNDIAL DE LA ENERGÍA

El 14 de febrero es el Día Mundial de la Energía y se celebra con el fin de fomentar la disminución de combustibles fósiles a través del uso de fuentes alternas de energía. Hacer un uso racional de la energía es muy importante, pues este recurso permite el bienestar de la población iluminando las casas y las calles, proporcionando aire acondicionado o calefacción en lugares de clima extremo, mejorando los medios de transporte y ayudando en la preparación de nuestros alimentos; todo esto repercute en el desarrollo económico del país y en una vida con mayor bienestar para la población.

En el Laboratorio de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes del IIUNAM se han desarrollado proyectos que ayudan al cuidado de la energía, como es el de la aplicación de unidades de medición Sincofasorial (PMU por sus siglas en inglés) en

CinIG IIUNAM, POC IIUNAM y POC DGOAE invitan a la comunidad a los

CONVERSATORIOS ENTRE ACADÉMICAS DEL IIUNAM Y ESTUDIANTES DE NIVEL MEDIO SUPERIOR

### Día Internacional de las Mujeres, Jóvenes y Niñas en la Ciencia

Evento Virtual

**Martes 14 de febrero de 2023**  
de 11:00 a 17:30 horas

**Mesa 1. De 11:00 a 12:30 h**

- Dra. María Eugenia Allende Arandía
- Dra. María Elena Lárraga Ramírez
- Mtra. Ilse Bravo Manzano
- Dra. Martha María Suárez López
- Lic. Joselyne Cisneros Mendoza

**Mesa 2. De 13:00 a 14:30 h**

- Dra. Karen Pérez Liévana
- Dra. Brenda Cecilia Alcántar Vázquez
- Lic. Alondra Ibáñez Dávila
- Dra. Silvia Raquel García Benítez
- Dra. Gemma Louise Franklin

**Mesa 3. De 16:00 a 17:30 h**

- Dra. Cecilia Lizeth Álvarez Guzmán
- Mtra. Ana Alejandrina Castro Rodríguez
- Mtra. Margarita Elizabeth Cisneros Ortiz
- Dra. Melisa Portilla Sangabriel
- Dra. Idania Valdez Vázquez

#MujeresALasIngenierías

Sigue la transmisión del evento a través de:  
<https://streaming.iingen.unam.mx>

redes de eléctricas de distribución con la idea de operar estas redes con una alta penetración de energías renovables y tecnologías limpias.

También, se está trabajando en el desarrollo de herramientas computacionales para la planeación, operación y análisis de los sistemas eléctricos del país, con el objetivo de no depender de *software* desarrollado en otros países que representan un gasto económico importante, para empresas y organizaciones nacionales como CFE, CENACE y la CRE.

Otro proyecto que sería interesante es el desarrollo de Islas o comunidades sustentables basadas en energías limpias, es decir, que las islas produjeran desalación de agua de mar, su propia energía y que pudieran operar su propia red de manera independiente del sistema interconectado nacional.

En el IIUNAM el tema de la energía es un área de trabajo importante. |

# 2<sup>o</sup> Premios Abertis de Investigación sobre Movilidad Sostenible — México —

**La Red de Cátedras Abertis** establece el **Premio Abertis de Investigación sobre Movilidad Sostenible**, al mejor trabajo de investigación inédito defendido o presentado durante 2022 por estudiantes de especialidad, maestría y doctorado de universidades mexicanas. El premio está abierto a trabajos de distintas disciplinas y a trabajos multidisciplinarios.

Bases de la Convocatoria:

<https://www.abertischairs.com/>