

# DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM



NÚMERO 155, JULIO - AGOSTO 2022  
ISSN 1870-347X

Eliminación de metil siloxanos volátiles del biogás: un nuevo enfoque biotecnológico

Detección de ideación suicida en redes sociales

Procesamiento de la negación en Twitter

El Golfo de California y sus interacciones entre aguas continentales y marinas bajo el enfoque de la fuente al mar

Homenaje a Rafael Almanza Salgado

# EDITORIAL

En este cuarto bimestre de 2022, a pesar de la pandemia por la COVID-19, continuamos avanzando de manera decidida en la realización de actividades presenciales en el Instituto de Ingeniería con labores académicas, administrativas, homenajes y eventos académicos; asimismo, de manera global, es de destacar el inicio de los cursos de diversos niveles de estudio en los distintos planteles de la UNAM para el semestre 2023-1.

Dentro de los eventos académicos presenciales más destacados, tenemos la develación de la placa distintiva del edificio 18 con los nombres de los hermanos Ricardo y Enrique Chicurel Uziel, en una emotiva ceremonia realizada el pasado 10 de agosto en las instalaciones de nuestro Instituto. En el evento, en el que participaron familiares, amigos, colegas y discípulos de los doctores Chicurel Uziel, se destacó su gran trayectoria y legado en el área de la Ingeniería Mecánica. A lo largo de su amplia carrera académica, los hermanos Chicurel Uziel realizaron de manera sobresaliente las labores sustanciales de la UNAM, a través de la difusión del conocimiento y de la investigación de excelente nivel, plasmada en sus múltiples patentes otorgadas y en la formación de profesionales altamente capacitados, varios de ellos, han ocupado cargos importantes en distintos sectores productivos.

Asimismo, el miércoles 24 de agosto se llevó a cabo un homenaje en honor al Dr. Roberto Meli Piralla, querido investigador emérito y doctorado honoris causa, organizado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural en las instalaciones del Colegio de Ingenieros Civiles. En ese evento participaron varios académicos, en particular, el Dr. Sergio Manuel Alcocer Martínez de Castro impartió la conferencia "Proyectos de investigación en Mampostería realizados por el Dr. Roberto Meli Piralla". También, en una mesa redonda moderada por el M. en I. Raúl Jean Perilliat, participaron sus discípulos la Dra. Natalia García Gómez, el Dr. Óscar Hernández Basilio, el Ing. Roberto Sánchez Ramírez y el Dr. Marcos Chávez Cano. En esa Mesa, se hizo un recuento de las excepcionales cualidades y enseñanzas que el Dr. Meli les transmitió durante el periodo en que realizaron sus estudios de posgrado y como sus colaboradores en proyectos de investigación en el área de Mampostería.

En otro orden de ideas, del 22 al 26 de agosto se realizó de manera muy exitosa el Minicongreso "Conociendo nuestras capacidades" que, en el marco de la próxima convocatoria por publicar sobre Grupos Interdisciplinarios de Investigación (GII), se desarrolló con la presentación de trabajos inscritos en dos ejes temáticos de investigación, el primero Ciudades inteligentes y el segundo Nexo Agua-Energía-Ambiente-Seguridad alimentaria. Este evento, en el que participaron académicos de catorce entidades académicas, fue inaugurado por el Dr. William Lee Alardín, Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM.

Durante las jornadas realizadas en este Minicongreso, cinco líderes del IIUNAM (cuatro investigadores titulares C y uno titular B) presentaron las ideas principales o conceptuales muy interesantes de las propuestas de macroproyectos de investigación que desarrollarán en los ejes temáticos de investigación de Ciudades inteligentes y del Nexo Agua-Energía-Ambiente-Seguridad alimentaria. En los días subsecuentes, las posibles colaboraciones de los macroproyectos, académicos de las entidades de la UNAM, presentaron una gama muy variada de propuestas de proyectos de investigación, enfocados en los temas y subtemas que componen los ejes temáticos de la convocatoria GII. Las presentaciones del Minicongreso fueron de gran calidad y puso en evidencia que las capacidades e infraestructura de todos los participantes se complementan para realizar proyectos de investigación más sólidos e integrales.

Considero que el objetivo de este Minicongreso, de que se conocieran las y los líderes con colaboradores para conformar los GII, se cumplió ampliamente, ya que iniciaron contacto, en algunos casos de hasta 20 colaboradores con varios líderes para preparar las propuestas de macroproyectos, que estarán enfocados a atender de manera más robusta, pero sobretodo integral y muy profesional con ideas innovadoras, problemas que hoy en día son críticos o emergentes, ya que por ejemplo en 2030 las grandes urbes concentrarán 90% de la población, lo que significa demandas importantes de bienes y servicios. La colaboración académica es muy necesaria y oportuna como una nueva forma de trabajo, aprovechando todas las grandes capacidades e infraestructura con las que cuenta nuestra Universidad,

## UNAM

Rector  
Dr. Enrique L. Graue Wiechers  
Secretario General  
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
Secretario Administrativo  
Dr. Luis A. Álvarez-Icaza Longoria  
Secretario de Desarrollo Institucional  
Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

Secretario de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria  
Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo  
Abogado General  
Dra. Mónica González Contró  
Coordinador de la Investigación Científica  
Dr. William H. Lee Alardín  
Director General de Comunicación Social  
Mtro. Néstor Martínez Cristo

## IIUNAM

Directora  
Dra. Rosa María Ramírez Zamora  
Subdirector de Estructuras y Geotecnia  
Dr. David Murrià Vila  
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  
Secretario Técnico  
Arq. Aurelio López Espindola  
Secretario de Telecomunicaciones e Informática  
Ing. Marco Ambriz Maguey

## GACETA DEL IIUNAM

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

## GACETA DEL IIUNAM

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual se muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, los cursos y los talleres que imparte, reportajes de interés e información general. Se publica los días 10 de cada mes, con un tiraje de 1500 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2014 070409264300 109. Certificado de Licitud de Título: 13524. Certificado de Licitud de Contenido: 11097. Instituto de Ingeniería, UNAM, edificio Fernando Hiriat, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México. Tel. 56233615.

para atender los retos en investigación y desarrollo tecnológico, que permitirán atender los grandes problemas que enfrentamos actualmente, los cuales están relacionados con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas.

Con mucho gusto pude constatar el gran entusiasmo, interés y profesionalismo que se desplegó a lo largo tanto del Minicongreso como en las reuniones de información previas a este evento. Asimismo, me congratula que este interés permitirá que las propuestas de estos macroproyectos puedan incluir la mayor cantidad posible de temas y subtemas de los dos ejes temáticos de investigación, considerados en este Minicongreso y en la convocatoria de Grupos Interdisciplinarios de Investigación, a publicarse el 31 de agosto. Después de la publicación de la convocatoria, tendrán para preparar de manera conjunta tanto líderes como colaboradores las propuestas de macroproyectos en los meses de septiembre y octubre; propuestas que serán evaluadas por expertos en los temas. El resultado de la evaluación se dará a conocer en enero de 2023.

Reitero mi agradecimiento por el esfuerzo, profesionalismo y entusiasmo mostrado por todos los participantes en este Minicongreso; también, agradezco a nuestras autoridades y titulares de las entidades de los académicos participantes por la confianza brindada, así como al comité organizador y al apoyo logístico del IIUNAM, por todo su esfuerzo para realizar este evento; estoy convencida que se desarrollarán propuestas de la mayor calidad, con resultados muy innovadores y efectivos; en particular, este ejercicio permitirá demostrar que esta forma interdisciplinaria de trabajo, puede desembocar en la generación de productos académicos más sólidos e integrales que incidan de manera más importante en los retos que representan los ODS. |

Cordialmente,

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

## ELIMINACIÓN DE METIL SILOXANOS VOLÁTILES DEL BIOGÁS: UN NUEVO ENFOQUE BIOTECNOLÓGICO

LAURA RIVERA, JAIME PÉREZ,  
GLORIA MORENO Y GUILLERMO QUIJANO

### Resumen

Los metil siloxanos volátiles (MSV) son contaminantes del biogás que hasta hace poco tiempo se pensaba que estaban presentes principalmente en biogás de relleno sanitario. Sin embargo, actualmente, se sabe que su ocurrencia es mucho más frecuente en diversos tipos de biogás. Las tecnologías comerciales de remoción de MSV son de tipo fisicoquímico, destacando los sistemas de adsorción regenerativa, los cuales presentan altos costos de inversión y operación, limitando su implementación en pequeñas y medianas instalaciones que producen biogás. En este trabajo se presenta una plataforma biotecnológica innovadora de remoción de MSV. El sistema multifásico desarrollado permite superar las limitaciones por transferencia de masa reportadas en biorreactores convencionales, incrementando la solubilidad de los MSV y su posterior degradación biológica.

## UNIDAD ACADÉMICA JURIQUILLA

El agotamiento gradual de los combustibles fósiles y la aceleración del cambio climático han intensificado la búsqueda de nuevas fuentes de energía limpia y sostenible. De entre toda una gama de opciones, la generación de energía renovable a partir de biocombustibles gaseosos constituye una alternativa con un gran potencial a nivel mundial. El biogás, constituido principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ , 50-60%) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ , 40-50%), es el biocombustible gaseoso que más aplicación tiene a escala industrial en la actualidad [1,2]. Este biocombustible puede producirse a partir de materia orgánica contenida en residuos sólidos municipales, aguas residuales domésticas e industriales, así como una variedad de residuos agroindustriales por medio de un proceso conocido como *digestión anaerobia*, el cual se aplica a gran escala en todo el mundo [1].

### Contaminantes del biogás

Dependiendo de las características y composición de la materia orgánica utilizada, el biogás resultante tendrá contaminantes

que deben removerse para ser aprovechado energéticamente. El sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), amoníaco ( $NH_3$ ), compuestos orgánicos volátiles (COV) y los metil siloxanos volátiles (MSV) se encuentran entre los contaminantes más comunes del biogás. La aplicación masiva del biogás en motores/turbinas de ciclo combinado para la generación de energía térmica y eléctrica renovable ha sido limitada por los altos costos asociados a su purificación. Mientras que ya existen tecnologías exitosas para la remoción de  $H_2S$ ,  $NH_3$  y COV, los MSV son contaminantes poco conocidos y sólo están disponibles a nivel comercial tecnologías fisicoquímicas para su eliminación. Los sistemas de adsorción regenerativa constituyen actualmente la tecnología más empleada para la remoción de MSV del biogás, los cuales presentan elevados costos de inversión y operación, así como una alta huella de carbono debido al uso intensivo de energía [3]. Esto ha limitado el aprovechamiento del biogás producido en pequeñas y medianas instalaciones que no son capaces de implementar los costosos sistemas de purificación disponibles.

Los MSV son una familia de contaminantes del biogás que contienen enlaces Si-O y Si-CH<sub>3</sub>. Al quemarse, los MSV generan películas de silicato ( $SiO_2$ ), ocasionando problemas graves de abrasión y lubricación en sistemas de aprovechamiento energético (Figura 1). Los MSV se originan por la descomposición

del polidimetilsiloxano, mejor conocido como *aceite o grasa de silicón*, el cual es un lubricante de amplio uso a nivel industrial, además, es un componente común en productos de cuidado personal como cremas, jabones, champús, acondicionadores y maquillajes.

La Tabla 1 presenta a los MSV más comunes en el biogás, su fórmula y estructura química. En su nomenclatura abreviada, las letras L y D indican MSV lineales y cíclicos, respectivamente, mientras que los números 1-6 indican los átomos de silicio en la molécula. La concentración total de MSV en el biogás puede llegar a los  $400 \text{ mg m}^{-3}$ , mientras que los sistemas de aprovechamiento energético como los motores de ciclo combinado permiten una concentración máxima de entre  $0.03$  y  $28 \text{ mg m}^{-3}$  [4]. Inicialmente, se pensaba que los MSV eran contaminantes relevantes en el biogás proveniente de rellenos sanitarios. Sin embargo, mediciones hechas por nuestro grupo de investigación revelaron que la presencia de MSV es habitual en biogás generado a partir de lodos de purga de plantas de tratamiento de aguas residuales. A medida que se ha incrementado la monitorización de los MSV, se ha confirmado su presencia en diversos tipos de biogás. Por tanto, el desarrollo de procesos de remoción de MSV eficientes, robustos y con menores costos que las tecnologías fisicoquímicas es un tema de gran relevancia en todo el mundo.

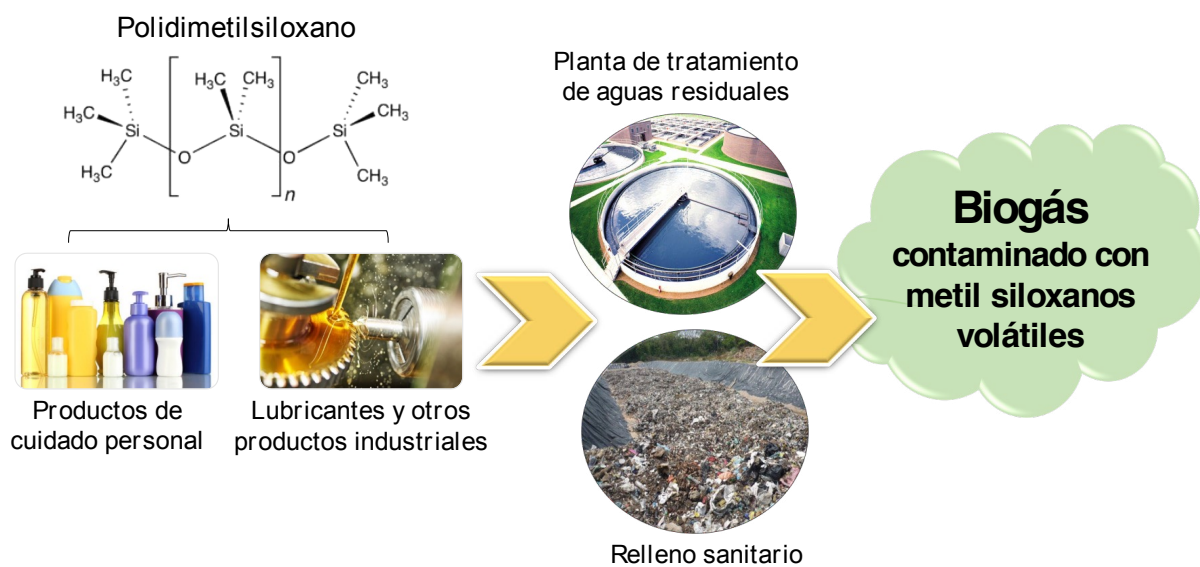


Figura 1. Origen de los metil siloxanos volátiles en diversos tipos de biogás



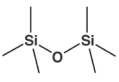
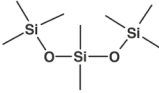
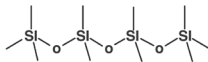
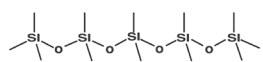
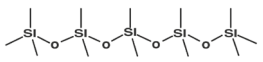
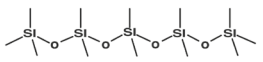
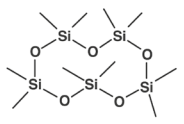
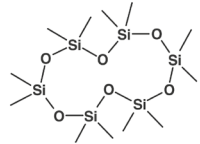
| MSV lineales | Hexametildisiloxano   | Octametiltrisiloxano  | Decametiltetrasiloxano   | Dodecametilpentasiloxano  |
|--------------|---|---|--|---|
| Abreviatura  | L2  | L3  | L4   | L5  |
| Fórmula      | $C_6H_{18}OSi_2$  | $C_8H_{24}O_2Si_3$  | $C_{10}H_{30}O_3Si_4$  | $C_{12}H_{36}O_4Si_5$   |
| Estructura   |  |  |  |  |
| MVS cíclicos | Hexametilciclotrisiloxano   | Octametilciclotetrasiloxano   | Decametilciclopentasiloxano  | Dodecametilciclohexasiloxano  |
| Abreviatura  | D3  | D4  | D5   | C12H36O6Si6   |
| Fórmula      | $C_6H_{18}O_3Si_3$  | $C_8H_{24}O_4Si_4$  | $C_{10}H_{30}O_5Si_5$  | $C_{12}H_{36}O_6Si_6$   |
| Estructura   |  |  |  |  |

Tabla 1. Metil siloxanos volátiles identificados en diversos tipos de biogás

### Biorreactores multifásicos para la eliminación de MSV

En términos generales, los sistemas biológicos convencionales presentan baja eficiencia de remoción de MSV. Esto se debe a que los MSV son moléculas hidrofóbicas con una baja solubilidad en agua. Por ejemplo, el D4 y el D5 (dos de los MSV más abundantes en el biogás) tienen constantes de Henry adimensionales de 3.1 y 1.4, respectivamente, a 1 atm y 30°C [5]. Esto resulta en una pobre transferencia de MSV del biogás a fases acuosas donde residen los microorganismos capaces de degradarlos. Las eficiencias de remoción de MSV en sistemas biológicos se encuentran en el orden de 10-40% [6]. Una de las principales motivaciones para el desarrollo de biotecnologías de tratamiento de MSV es que éstas pueden ser operadas a presión y temperatura ambiente, lo que disminuye drásticamente sus costos de operación en comparación con tecnologías fisicoquímicas. Por tanto, las limitaciones de transferencia de masa deben superarse para desarrollar tecnologías biológicas que sean competitivas con sus contrapartes fisicoquímicas.

Nuestro grupo de investigación desarrolla una estrategia innovadora para mejorar la transferencia de masa de MSV en sistemas biológicos, la cual consiste en añadir una fase orgánica inmiscible en agua, biocompatible y no biodegradable bajo las condiciones de operación con alta afinidad por los MSV. Como se muestra en la Figura 2, en sistemas multifásicos

gas/aceite/agua, la alta solubilidad de los MSV en el aceite genera una ruta de transferencia de MSV adicional, mejorando de manera muy importante la transferencia y posterior degradación biológica de los contaminantes.

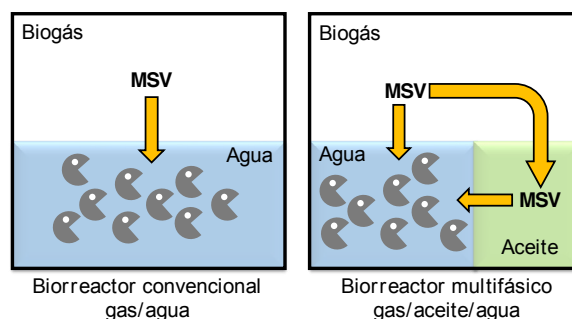


Figura 2. Mecanismos de transferencia de MSV en biorreactores convencionales y en sistemas multifásicos propuestos por nuestro grupo de trabajo donde se incluye una fase orgánica con alta afinidad por los MSV

Determinaciones experimentales llevadas a cabo en la Unidad Académica Juriquilla del Instituto de Ingeniería han demostrado que la solubilidad de MSV en algunas fases

orgánicas es entre 90 y 3,700 veces mayor que en agua, dependiendo del tipo específico de metil siloxano. La mejora en la transferencia de masa debida a la adición del aceite es proporcional al porcentaje utilizado en el biorreactor. Al tener mayor viscosidad que el agua, la fase orgánica se agrega en porcentajes no mayores a 10% con respecto al volumen total del biorreactor para evitar incrementos importantes en los costos de mezclado del sistema [3]. Los resultados obtenidos hasta el momento confirman el gran potencial de los sistemas multifásicos para remover de forma robusta y eficiente los MSV del biogás. La Figura 3 presenta un prototipo totalmente instrumentado y controlado que fue desarrollado por nuestro grupo de trabajo para llevar a cabo la purificación de biogás.

## Conclusiones

Este trabajo presenta una alternativa de base biotecnológica para la remoción de MSV con el fin de habilitar al biogás para su aprovechamiento energético. Al ser operados a presión y temperatura ambiente, las tecnologías biológicas pueden implementarse a una fracción del costo de las tecnologías fisicoquímicas disponibles. Por tanto, los resultados obtenidos en este proyecto tienen un gran impacto en el escenario global actual que demanda energéticos sustentables. Las características de los sistemas biológicos de tratamiento de MSV los hacen idóneos para su implementación en pequeñas y grandes instalaciones de tratamiento de residuos que generan biogás, tales como plantas de tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios.

## Agradecimientos

Este trabajo es apoyado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM (proyecto PAPIIT TA100121) y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Proyecto Ciencia Básica A1-S-10079). Se agradece el apoyo técnico proporcionado por Ángel A. Hernández. |

## Referencias

- [1] Bond T. y Templeton M. R. (2011). History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development* 15:347-354.
- [2] Moreno-Andrade, I.; Moreno G. y Quijano G (2020). Theoretical framework for the estimation of H<sub>2</sub>S concentration in biogas produced from complex sulfur-rich effluents. *Environmental Science and Pollution Research* 27:15959-15966.
- [3] Quijano G.; Miguel-Romera, J. A.; Bonilla-Morte, L. M. y Figueroa-González I. (2017). Two-phase partitioning bioreactors for treatment of volatile hydrocarbons. En: *Biodegradation and bioconversion of hydrocarbons*. Heimann K, Karthikeyan OP, Muthu SS (Eds). Springer, pp. 225-258. ISBN 978-981-10-0199-4.
- [4] Gabriel, D. y Sierra H. (2017). Purification and uses of biogas. *Universitat Autonoma de Barcelona*. ISBN 978-84-490-6962-8.
- [5] Zhang Y.; Oshita K.; Kusakabe T.; Takaoka, M.; Kawasaki Y.; Minami D. y Tanaka T. (2020). Simultaneous removal of siloxanes and H<sub>2</sub>S from biogas using an aerobic biotrickling filter. *Journal of Hazardous Materials* 391: 122187.
- [6] Popat S. y Deshusses, M. A. (2008). Biological removal of siloxanes from landfill and digester gases: opportunities and challenges. *Environmental Science and Technology* 42:8510-8515.

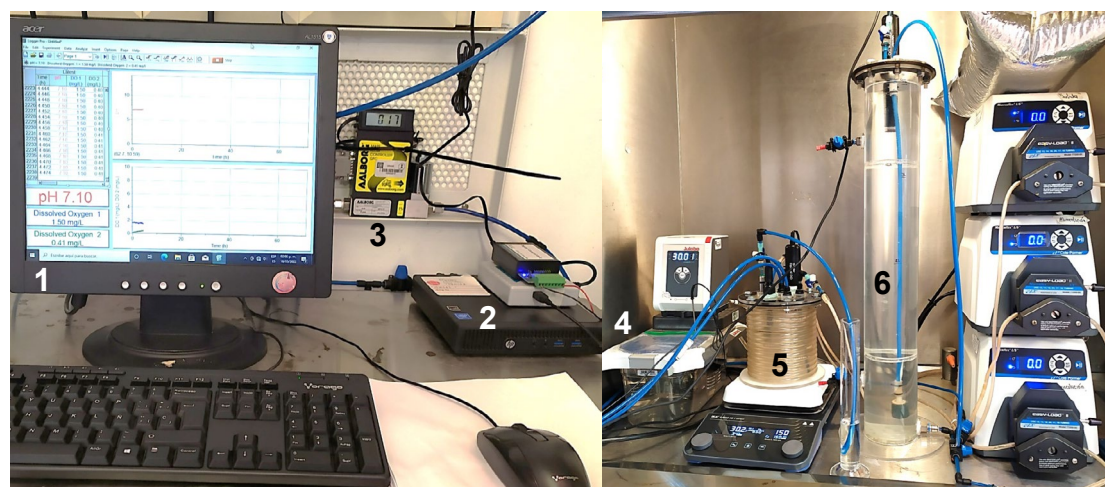


Figura 3. Prototipo de sistema biológico de purificación de biogás, (1,2) interfaz de usuario y tarjetas de adquisición de datos y control automático de pH, (3) control de flujo de entrada de biogás (4) control de temperatura, (5) biorreactor, (6) columna de absorción

## DETECCIÓN DE IDEACIÓN SUICIDA EN REDES SOCIALES

GERARDO SIERRA

El suicidio representa un grave problema de salud pública que requiere atención urgente. Conforme a los datos proporcionados por el INEGI, la tasa de suicidio en México para 2020 fue de 6.2 por cada 100 000 habitantes, siendo la segunda causa de muerte para jóvenes entre 18 a 29 años. Estos números muestran la urgencia de investigaciones dedicadas a la identificación de personas en riesgo de morir por suicidio, con el fin de crear estrategias efectivas de prevención.

Las estrategias internacionales para la prevención de suicidio parten de la premisa que no es un acto irracional o instantáneo, sino que conlleva un proceso de deliberación, incluso, se muestran signos de ideación e intento suicida, los cuales pueden ser atendidos si se detectan oportunamente. Uno de los medios en los que llegan a expresar sus sentimientos donde se manifiestan estos signos, con mayor frecuencia entre los jóvenes, es a través de las redes sociales, ya sea en Facebook, Twitter o Instagram.

El propósito de este estudio se centra en analizar el uso del lenguaje en textos de las redes sociales, con temas de depresión y suicidio, después contrastarlo con un grupo de publicaciones aleatorias con temas no específicos, para identificar categorías de palabras en español relacionadas con el pensamiento suicida. Asimismo, elaborar un conjunto de frases vinculadas a los factores de riesgo de suicidio para verificar si estos contenidos son similares a los textos con temas de depresión o suicidio, diferentes a los textos que contienen temas aleatorios no específicos.

### El lenguaje en análisis psicológicos de la personalidad

La interacción entre los rasgos de personalidad toma un papel importante en el comportamiento suicida. El *software* de análisis psicológico de textos llamado Linguistic Inquiry and Word Count (LIWC), que consiste en un contador de palabras y un gran diccionario interno con varias palabras clasificadas en categorías psicológicamente relevantes, ha sido ampliamente utilizado en estudios psicométricos previos. El programa identifica las palabras en un archivo de texto que se corresponde con el diccionario y las asigna a distintas categorías, como palabras funcionales, expresiones sociales/informales, emociones, mecanismos cognitivos, etc. Como resultado, el programa calcula la frecuencia de cada categoría de palabras en relación

con el total de palabras del texto cargado. Por tanto, las puntuaciones de cada categoría de palabra se muestran en la salida como porcentajes: la proporción de palabras del diccionario de la herramienta identificadas en el total de textos analizados. Dichos datos permiten establecer relaciones con numerosos temas a través del uso de palabras.

LIWC tiene diccionarios en diferentes idiomas, como el español. Sin embargo, una limitante del programa es que sigue un enfoque cerrado para el análisis del lenguaje, esto es, su poder analítico depende en gran medida de cuán extenso sea su diccionario. Por esta razón, el mismo programa permite ampliar el vocabulario y las categorías.

La relación entre texto y psicología ha estado presente durante mucho tiempo, pero hasta hace poco ha ganado una nueva dirección que poco a poco va creando más importancia para detectar rasgos de personalidad. Esta nueva dirección lleva el análisis psicológico de los textos al dominio de Internet, las redes sociales y sus usos particulares del lenguaje, a saber, *netspeak*. La inclusión de expresiones y términos de *netspeak* está motivada por el significado que exhibe cada expresión individual de *netspeak* y cómo se puede agregar a un análisis psicológico del texto.

Si bien la versión 2015 del diccionario LIWC cuenta a *netspeak* como una dimensión lingüística; también, categoriza expresiones de este tipo en sus correspondientes dominios psicológicos. Fue necesario actualizar el diccionario interno del español, incluyendo la categoría *netspeak* y las expresiones relevantes que expresen las dimensiones psicológicas de los usuarios con ideación o pensamiento suicida. El contenido inicial de *netspeak* se tomó de un diccionario de léxico específico de Internet obtenido para el español de México (Osuna *et al.*, 2017), que consta de 247 palabras utilizadas en la red social. Para ampliar este léxico, se realizó un análisis del corpus de *tweets* y una sesión de lluvia de ideas de palabras destinadas a complementar este conjunto. Como resultado se obtuvo un lexicón *netspeak* de 1225 palabras, un total de 644 lemas. El siguiente paso fue clasificar estas palabras en sus respectivas categorías LIWC para que fueran incluidas en el diccionario. Para llevar a cabo el proceso de categorización, se realizó un procedimiento entre anotadores con tres jueces.

También, existe un fuerte vínculo entre los rasgos de personalidad con la ideación suicida. Una teoría que goza de un buen grado de aceptación en el mundo académico actual es la teoría del Big Five o de los cinco grandes rasgos de la personalidad. Propone que las diferencias individuales o personalidad más sobresalientes y socialmente relevantes (apertura a la experiencia, escrupulosidad, extroversión, neuroticismo y amabilidad) se encuentran ya codificadas en el lenguaje natural.

Por tal razón, se probó la funcionalidad y eficiencia del lexicón obtenido de *netspeak* en español para un análisis de agrupamiento de *tuits* con base en la teoría del Big Five (Sierra *et al.*, 2020).

### Análisis en las redes sociales

Para el estudio se recogieron contenidos de Facebook y Twitter y se elaboró un conjunto de frases vinculadas a factores de riesgo suicida a partir de instrumentos validados que evalúan varias dimensiones del fenómeno suicida. El análisis de estos datos de texto se realizó utilizando LIWC, con la versión mejorada de su léxico-diccionario en español. Luego, mediante la construcción de intervalos de confianza de arranque, se comparó la diferencia en las medias de los valores resultantes por categoría de palabra por grupo para identificar diferencias y similitudes entre los grupos.

Para los efectos del estudio, se obtuvieron dos publicaciones diferentes de grupos de Facebook escritas en español mexicano cuyos contenidos específicos eran suicidio y depresión. Para determinar la muestra a analizar, se realizó una selección manual de las publicaciones que reflejaban contenidos suicidas o depresivos. Se obtuvo un total de 169 publicaciones de ambos grupos, que sumaron 2006 palabras para alimentar la herramienta para el análisis. Estas publicaciones componían el grupo etiquetado como Grupo de publicaciones temáticas (GPT), con 82 del total tomadas del grupo con temática de suicidio y 87 del grupo con temática de depresión.

Se obtuvo una lista completa de frases correspondientes a cada factor de riesgo de suicidio, evaluada por tres jueces. Con ello, se compararon sus valoraciones entre sí para determinar si las frases evaluadas representaban correctamente el factor de riesgo pretendido. Este grupo de frases fue etiquetado como conjunto de frases relacionadas con factores de riesgo de suicidio o Grupo de Factores de Riesgo (GFR).

Como punto de comparación, se obtuvieron de *Twitter* 413 publicaciones públicas sin un tema específico (quitando anuncios o hipervínculos externos), esto es, 4,639 palabras para alimentar la herramienta para el análisis. Estas publicaciones formaron el grupo etiquetado como Grupo de control aleatorio (GCA).

Las entradas de los tres grupos diferentes (GPT, GCA y GFR) se analizaron de forma independiente con LIWC y el diccionario de español mejorado, que incluye expresiones informales y *netspeak*. Este análisis se centró en las categorías de palabras informadas por la literatura asociada relevante para identificar textos relacionados con el suicidio (Tabla 1). La intención fue detectar coincidencias y discrepancias con los enunciados de la literatura.

Tabla 1. Categorías relevantes de LIWC para el estudio

| CATEGORÍA LIWC                   | EJEMPLOS                        |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Yo                               | yo, mí, me                      |
| Tú                               | tú, ustedes, les                |
| Nosotros                         | nuestros, nosotros, nos         |
| Verbo 1ª persona singular (V1PS) | soy, quiero, busqué             |
| Social                           | amigos, personas, familia       |
| Emoción positiva                 | cariño, apoyo, felicidad        |
| Emoción negativa                 | solo, llorar, desesperación     |
| Ansiedad                         | problema, angustiado, miserable |
| Enfado                           | inaguantable, odio, frustrado   |
| Tristeza                         | deprimido, piedad, pesimista    |
| Oír                              | decir, escuchar, silencio       |
| Sexual                           | deseo, sexo                     |
| Casa                             | cocina, ventana, cama           |
| Muerte                           | morir, suicidio, funeral        |

### Resultados

Con una prueba U-Mann Whitney se compararon por pares entre los grupos, de acuerdo con cada categoría analizada, y se encontraron las categorías LIWC que mostraron ser significativamente diferentes entre los grupos. Para el ejercicio entre el GPT y el GCA, todas las categorías resultan significativamente diferentes. Al comparar las frases del GFR con las del GPT, sólo los Verbos en primera persona del singular, la Emoción negativa y el Enfado mostraron diferencias significativas. Finalmente, al comparar el GFR y el GCA, la mayoría de las categorías resultaron significativamente diferentes, excepto la categoría Oír.

Con base en los resultados, se verificaron que el GPT contiene categorías de palabras significativamente diferentes del GCA, y el GPT exhibe categorías de palabras similares a las del GFR (Figura 1). Dado que el análisis se realizó con textos en español, la categoría de Verbos en primera persona del singular tuvo una presencia muy frecuente, situación que no se reportó en ninguno de los estudios similares.

Las categorías de palabras que informan Muerte, Hogar, Tristeza, Enfado, Ansiedad, Emociones negativas y Verbos en primera persona del singular aparecen con más frecuencia en el GPT que en el GCA. Por otro lado, las categorías Nosotros, Tú, Emoción positiva, Oír y Sexual se encontraron muchas menos veces dentro del GPT que en el GCA.



## Conclusiones y trabajo futuro

Los presentes hallazgos son un primer paso hacia el análisis del lenguaje en los grupos de redes sociales, donde se puede obtener información valiosa sobre los pensamientos e ideas de las personas. Sin embargo, no se puede afirmar que las personas que utilizan palabras relacionadas con el suicidio tengan mayor probabilidad de morir por suicidio. Como se mencionó anteriormente, la muerte por suicidio involucra varias fases y sólo los pensamientos no son suficientes para explicar por qué las personas mueren por suicidio, por lo que sería necesario seguir investigando sobre el uso del lenguaje. Futuros estudios basados en el lenguaje deberían tener en cuenta las teorías psicológicas para considerar la transición del pensamiento a la tentativa y a la muerte por suicidio. Dicho trabajo implica desarrollar diccionarios que incluyan frases representativas de la capacidad adquirida, la pertenencia frustrada y la carga percibida.

También se ha presentado el *software* existente para esta tarea y algunos métodos de análisis que se están utilizando en una investigación en curso. La incorporación de estos elementos

del lenguaje en el análisis psicológico de las palabras a través de programas estilo LIWC representa tanto un desafío como una oportunidad. Además, queda por mejorar la implementación de algoritmos de agrupamiento para la investigación en curso. Ciertamente, hay muchos otros métodos y enfoques con los que se puede experimentar para desarrollar aún más este campo emergente. A medida que más investigaciones sigan adoptando esta nueva dirección del análisis psicológico del lenguaje en Internet, quedará más claro qué tipo de aspectos lingüísticos son clave para comprender las dinámicas individuales y sociales reflejadas en esta era mediada por Internet.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo del equipo de trabajo, integrado por Patricia Andrade Palos de la Facultad de Psicología y responsable del proyecto; Gemma Bel Enguix del Instituto de Ingeniería; Adriana Cabrera Mora y Alejandro Osornio, de la Facultad de Psicología; Luis García Nieto, de la Facultad de Ciencias; y Tamara Sierra, del Instituto de Terapia Cognitivo Conductual. Se realizó bajo el patrocinio de PAPIIT IG400119.

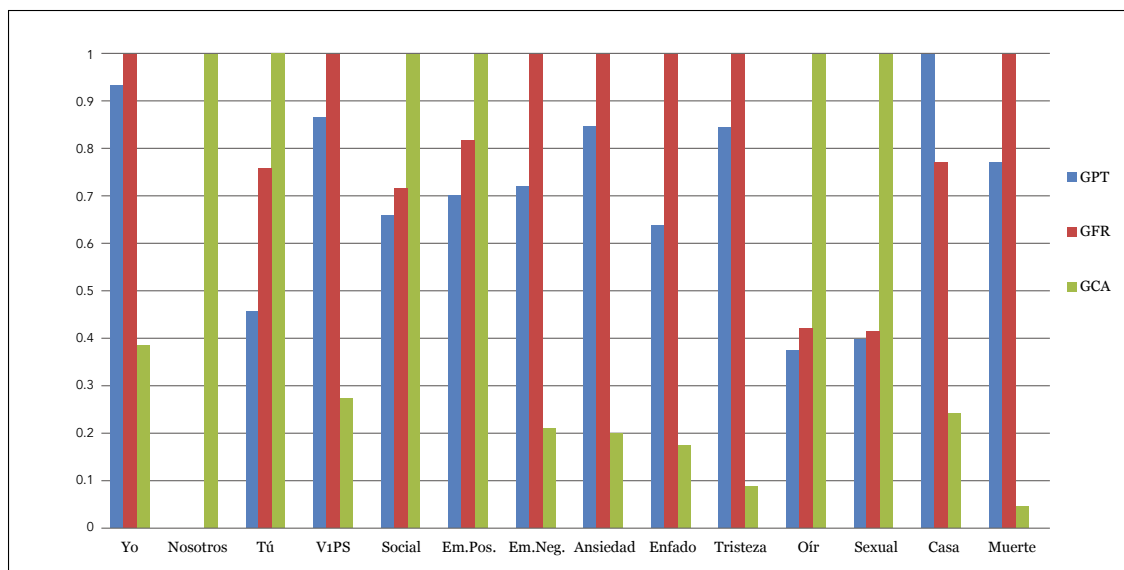


Figura 1. Frecuencias normalizadas de las categorías de LIWC para los tres grupos

## Referencias

- Osuna, F.; Minjares Ávila, K. J. y Sidorov, G. (2017). Compilation of Spanish Specific Lexicon of Social Networks. Centro de Investigación en Computación, IPN.
- Sierra, G.; Bel-Enguix, G.; Osornio-Arteaga, A.; Cabrera-Mora, A.; García-Nieto, L.; Bustos, A.; Romo-Anaya, A. M. y Silva-Cuevas, V. (2020). An exploration of personality traits detection in a Spanish Twitter corpus. Proceedings of the LREC 2020 workshop on: Resources and processing of linguistic data from people with various forms of cognitive/ psychiatric/developmental impairments (RaPID-3), 132–141.

## PROCESAMIENTO DE LA NEGACIÓN EN TWITTER

GEMMA BEL ENGUIX

Y SERGIO LUIS OJEDA TRUEBA

Todos los días se escriben millones de *tuits* en México y en todo el mundo, se dan RT, muchos de ellos se citan u otros usuarios indican que les gustan. Twitter es una red social que prioriza la escritura, con su conocida invitación: “¿Qué está pasando?”. Eso sí, solamente permite mensajes breves, con un máximo de 280 caracteres.

Con este mecanismo se logra una gran red de comunicación instantánea, que permite hacer un seguimiento en tiempo real de la estructura y creatividad del lenguaje, así como sentimientos, opiniones, tendencias sociales o cambios en el comportamiento. Por ello, muchas líneas de investigación en lingüística computacional se centran actualmente en el análisis de las plataformas de redes sociales.

Para estudiar estos mensajes cortos, que no se ajustan a las convenciones retóricas de la lengua escrita, antes hay que comprenderlos bien, ser capaces de identificar automáticamente todos sus componentes. Ello lleva directamente a un tema clave y a la vez básico: la detección de la negación y su alcance.

A continuación, describiremos de forma breve una de las propuestas de investigación elaborada por el Grupo de Ingeniería Lingüística (GIL) del Instituto de Ingeniería para estudiar la negación, en específico la sintáctica, en Twitter, con la colaboración del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas.

### La negación lingüística

A simple vista, la negación parece un tema trivial o irrelevante para estudiar desde el punto de vista computacional. En cambio, la detección automática de las estructuras negativas es de una importancia capital para la correcta interpretación de los textos por parte de los programas computarizados.

La negación por sí sola tiene la capacidad de cambiar el valor de toda una oración o parte de esta. Por ejemplo, en el enunciado *Quiero leer*, solamente con el adverbio *no* podemos indicar exactamente lo contrario: *No quiero leer*. En cambio, en otras ocasiones, la negación no cambia el sentido completamente, sino de forma parcial. Por ejemplo: *Me ha dicho que le gusta el vino y que no toma licor*.

Si bien es cierto que el uso de la negación lingüística se ha estudiado en campos como los reportes médicos, las reseñas y

en las noticias; en el ámbito de las redes sociales aún no se registran muchos trabajos con dicho enfoque. Investigar este aspecto en una plataforma como Twitter es de sumo interés ya que podría ayudarnos a detectar la postura de los usuarios frente a un tema o tendencia.

Por otra parte, el lenguaje de Twitter tiene ciertas particularidades. Los usuarios continuamente hacen uso de diversos recursos para marcar expresividad en el mensaje emitido. En general, notamos tres usos lingüísticos característicos de Twitter: léxico específico de redes sociales, existencia de errores ortotipográficos y efectos enfático-pragmáticos. Asimismo, el dialecto mexicano fue un reto añadido a la investigación. Por ejemplo, en la variante mexicana, el término negativo *no*, puede encontrarse como *nel*, *Nelson*, *nah*, *ni maiz*, etc. Es importante tener en cuenta estas características de la lengua tecleada al construir los sistemas de detección automática.

Dada la importancia de la identificación y procesamiento de la negación en Twitter, nos fijamos dos objetivos principales:

1. Crear un corpus etiquetado de negación sintáctica en *tuits* escritos en español mexicano, el T-MexNeg Corpus.
2. Diseñar un método capaz de detectar de forma automática la negación sintáctica.

### 1. El Corpus T-MexNeg

El primer paso para un estudio de lingüística computacional es disponer de un corpus textual. En este caso, primeramente, recopilamos *tuits* mediante la API de Twitter. Después, se extrajo una muestra aleatoria para confeccionar el dataset de estudio. Las fechas de emisión son de septiembre de 2017 a abril de 2019; el origen geográfico, el territorio nacional mexicano.

En total recolectamos 13704 *tuits*, que fueron anotados de forma binaria para separar aquellos que sí contenían la negación sintáctica en su contenido. La clasificación fue realizada en tres ocasiones por un equipo de estudiantes especialmente entrenados. Esto es así para medir el grado de acuerdo entre los etiquetadores y saber si el trabajo se llevó a cabo de forma adecuada.

Una vez completado este proceso, obtuvimos un total de 4892 *tuits* con negación sintáctica, los cuales volvimos a anotar; pero ahora buscando marcar sus principales componentes, siguiendo a Martí *et al.* (2016): *término negativo* (la negación), *event* (lo que se niega a nivel sintáctico) y *scope* (el alcance de la negación dentro de la oración). Además, utilizamos dos etiquetas complementarias: *related negation* (para negaciones dependientes de una negación previa) y *false negation* (términos que propiamente no niegan nada). La Figura 1 ilustra cada uno de estos componentes en tres *tuits* distintos.

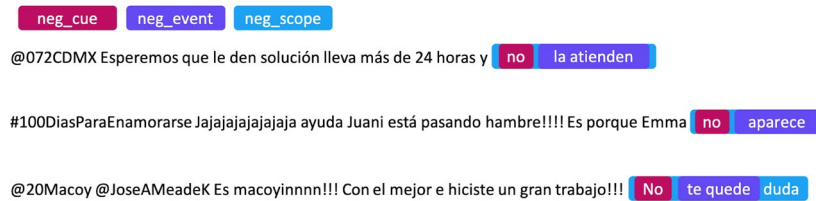


Figura 1. El *scope* (resaltado de azul), incluye el término negativo (rojo) y el *event* (morado). Nótese que el *scope* no necesariamente consta del término negativo más el *event*, sino que puede incluir más palabras

Al igual que la etapa anterior, ésta también se efectuó tres veces, con las mediciones de acuerdo correspondientes. Previo a los procesos de anotado, creamos una guía que nos permitió orientar a los anotadores acerca de cómo y qué etiquetar:

## 2. Experimentos

Los experimentos se centraron en la detección automática de los componentes de la negación sintáctica: términos negativos, *event*, *scope*, así como en toda la estructura negativa de manera global: términos + *event* + *scope*.

Para ello, usamos dos métodos principales, uno basado en diccionario, otro en Conditional Random Fields (CRF) (Lafferty *et al.* 2001), un modelo estocástico para anotar secuencias de datos que ha dado muy buenos resultados en la identificación

de negación en otros ámbitos, como el biomédico (Agarwal y Yu, 2010). Para comprobar la adecuación y desempeño de nuestro recurso, T-MexNeg, comparamos nuestros experimentos con el otro corpus de negación en español, el SFU ReviewSP-NEG (Kolhakar *et al.* 2019), creado con 400 reseñas de productos extraídas de la web Ciao.es. El estudio de ambos corpus ayuda a ver los términos de negación más frecuentes en cada uno de ellos (Figura 2).

En primer lugar, comparamos los resultados con métodos basados en diccionario y los obtenidos con CRF en ambos corpus. La Figura 3 ilustra los resultados para la detección de los términos negativos.

En la Figura 3 observamos cómo los mejores resultados se obtienen con el método CRF. Así que usamos éste para la detección de todos los componentes de la negación en ambos corpus, con los resultados que se muestran en la Figura 4.

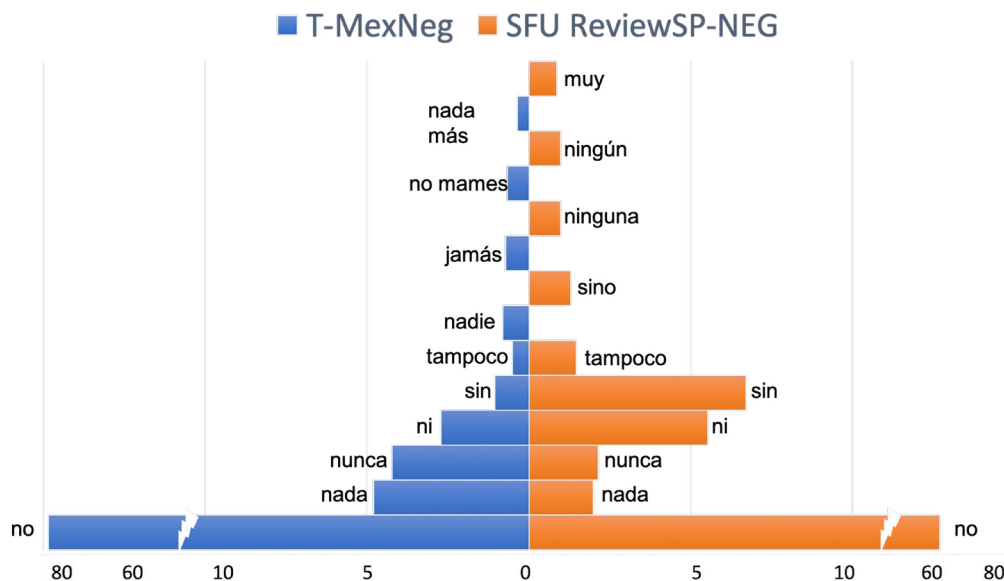


Figura 2. Los términos negativos más frecuentes en el T-MexNeg (azul) y SFU ReviewSP-NEG (naranja)

| Detección de Términos Negativos |                   |      |            |      |
|---------------------------------|-------------------|------|------------|------|
|                                 | EXP 1: Dictionary |      | Exp 2: CRF |      |
|                                 | TMN               | SFU  | TMN        | SFU  |
| Precisión                       | 0,89              | 0,89 | 0,93       | 0,79 |
| Recall                          | 0,92              | 0,83 | 0,98       | 0,96 |
| F1                              | 0,91              | 0,86 | 0,95       | 0,88 |

Figura 3. Comparativa de resultados entre los sistemas basados en diccionario y los basados en aprendizaje automático para la detección del término negativo

| Tag      | TMN       |        |      | SFU       |        |      |
|----------|-----------|--------|------|-----------|--------|------|
|          | Precisión | Recall | F1   | Precisión | Recall | F1   |
| Neg. Cue | 0,93      | 0,98   | 0,95 | 0,79      | 0,96   | 0,88 |
| Event    | 0,86      | 0,94   | 0,90 | 0,51      | 0,71   | 0,59 |
| Scope    | 0,63      | 0,92   | 0,75 | 0,54      | 0,93   | 0,68 |
| Global   | 0,61      | 0,92   | 0,73 | 0,37      | 0,90   | 0,50 |

Figura 4. Aplicación del método CRF a la detección automática de los componentes de la negación en el corpus T-MexNeg y ReviewSP-NEG

Como se puede apreciar, el T-MexNeg parece un corpus muy bien elaborado, en comparación con otros de áreas similares y propósitos cercanos, para la detección de negación. Por otra parte, mientras la detección del término negativo propiamente dicho es muy precisa (F1 de 0.95), la identificación de los otros componentes es más complicada, ya que resulta muy difícil dilucidar los límites de la estructura negativa. En conclusión, este es un campo de investigación abierto que necesita un desarrollo más extenso.

### Aplicaciones y uso de corpus

El corpus T-MexNeg es un recurso valioso para lingüistas e ingenieros en computación, con muy diversas aplicaciones. Por una parte, se puede usar desde un punto de vista estrictamente lingüístico para estudiar el lenguaje propio de las redes sociales. Un uso más especializado es la detección automática

de la negación, específicamente en *tuits*. Esto incide en todo tipo de tareas de procesamiento del lenguaje natural, como el resumen automático, el perfilado de autor en redes sociales o los estudios de polaridad y análisis de sentimientos.

Es esta última aplicación la que se está desarrollando actualmente en el GIL, ya que la negación puede cambiar el valor de un enunciado. Esto resulta muy útil para medir el grado de aprobación de un candidato político, de un producto de mercado o de alguna película nueva, por ejemplo. Las herramientas de este tipo tienen una amplia aceptación entre asesores políticos y mercadólogos.

Si se busca saber más del proyecto, los resultados de esta investigación han sido publicados en “Negation Detection on Mexican Spanish Tweets: The T-MexNeg Corpus” de la revista Applied Sciences (Bel-Enguix *et al.* 2021). Además, se puede consultar el corpus en la dirección de GitLab: [https://gitlab.com/gil.iingen/negation\\_twitter\\_mexican\\_spanish](https://gitlab.com/gil.iingen/negation_twitter_mexican_spanish).



## Grupo de Trabajo

### Coordinadores:

- Gemma Bel Enguix (II)
- Helena Gómez Adorno (IIMAS)
- Alejandro Pimentel (II, INEGI)

### Desarrolladores y equipo de investigación:

- Brian Aguilar Vizuet (Facultad de Ciencias)
- Sergio Luis Ojeda Trueba (II)

### Referencias

Agarwal, S. y Yu, H. Biomedical negation scope detection with conditional random fields. *J. Am. Med Inform. Assoc.* 2010, 17, 696-701.

Bel-Enguix, G.; Gómez-Adorno, H.; Pimentel, A.; Ojeda-Trueba, S. L. y Aguilar-Vizuet, B. "Negation Detection on Mexican Spanish Tweets: The T-MexNeg Corpus" In *Applied Sciences*. 2021, 11(9), 3880.

Kolhatkar, V.; Wu, H.; Cavasso, L.; Francis, E.; Shukla, K. y Taboada, M. The SFU opinion and comments corpus: A corpus for the analysis of online news comments. In *Corpus Pragmatics*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019; pp. 1-36.

Lafferty, J.; McCallum, A. y Pereira, F. C. *Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data*; University of Pennsylvania: Philadelphia, PA, USA, 2001; pp. 282-289.

Martí, M. A.; Taulé, M.; Nofre, M.; Marsó, L.; Martín-Valdivia, M. T. y Jiménez-Zafra, S.M. *La negación en español: Análisis y tipología de patrones de negación*; Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural: Jaén, Spain, 2016; pp. 41-48.



XXIX Coloquio Internacional  
de Estudios de Género

# CUERPOS DE AGUA

Lenguajes, Flujos  
y Luchas en los  
Archipiélagos Feministas

26, 27 y 28 de octubre

## EL GOLFO DE CALIFORNIA Y SUS INTERACCIONES ENTRE AGUAS CONTINENTALES Y MARINAS BAJO EL ENFOQUE DE LA FUENTE AL MAR

FERNANDO GONZÁLEZ VILLARREAL  
Y LEOPOLDO ALANIZ CEJA

### Introducción

El Golfo de California es uno de los cinco ecosistemas marinos con mayor productividad y diversidad biológica a nivel mundial, con aproximadamente 6,000 especies marinas. Esta condición llevó a inscribir a las Islas y Áreas Protegidas del Golfo de California en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO como sitio natural (CONANP, 2005).

En el territorio colindante, que comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit, se desarrolla una intensa actividad productiva. Existen 14 distritos de riego, que aportan cerca de 40% de la producción agrícola nacional; se concentra 80% de la pesca proveniente del Océano Pacífico (WWF, 2019); se ubica 27% del valor total de la producción minera nacional en cinco de sus municipios (CANIMEX, 2020); y es destino de más de dos millones de visitantes al año, que acuden principalmente a los desarrollos turísticos de Los Cabos, Mazatlán y la Riviera Nayarita (WWF, 2019).

El crecimiento urbano y de las actividades económicas desarrolladas en las cuencas vertientes al Golfo de California han generado, entre otros problemas: alteración de los flujos de ríos por la construcción de presas de almacenamiento; sedimentación provocada por la deforestación y erosión del suelo; aprovechamiento no sustentable de los recursos pesqueros por el empleo de técnicas dañinas para los ecosistemas marinos; modificación del hábitat y perturbaciones a los ecosistemas; y la existencia de un modelo de gobernanza fragmentada en distintas escalas.

Para contribuir en la comprensión de este fenómeno mediante enfoques de ciencia de frontera, el Instituto de Ingeniería, en colaboración con el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y la Facultad de Ingeniería, desarrollan el proyecto "Análisis de las interacciones entre aguas continentales y marinas en el Golfo de California bajo el enfoque de la fuente al mar como base para su gestión sustentable". El estudio emplea el enfoque "source-to-sea" o "de la fuente al mar", que analiza los flujos de agua, sedimentos, contaminantes, materiales y organismos vivos que son transportados desde los suelos

a través de los ríos y acuíferos hasta las deltas, estuarios y costas para llegar al mar. Además, el proyecto busca proponer elementos para integrar un plan de gestión sustentable. El proyecto incluye las siguientes etapas:

- A. Caracterización de la zona de estudio.
- B. Análisis de dinámicas de flujos de agua, sedimentos, contaminantes y materiales.
- C. Teoría del cambio.

A continuación, se presenta una síntesis de las contribuciones alcanzadas hasta el momento en las primera dos etapas.

### Caracterización del Golfo

El Golfo de California cuenta con una superficie de 160,000 km<sup>2</sup> y profundidades de hasta tres mil metros. Sus dimensiones varían entre 80 y 200 km de ancho, 1,200 km de longitud y 2,500 km de litorales. Se alimenta principalmente con los escurrecimientos de las 30 cuencas hidrográficas que desembocan (Figura 1).

En los 136 municipios que componen la zona de estudio, habitan alrededor de 9.1 millones de personas. De éstas, 5.6 millones se ubican en las 40 subcuencas costeras.

El crecimiento económico de la región ha sido impulsado por el desarrollo de infraestructura hidráulica. De acuerdo con la CONAGUA (2018), la región cuenta con 10 grandes presas, con una capacidad de almacenamiento total superior a los 48,000 hm<sup>3</sup>; más de 200 plantas de tratamiento de aguas residuales; y con coberturas de servicios de agua potable y saneamiento superiores a 95% y 90%, respectivamente.



Figura 1. Cuenca vertedora al Golfo de California

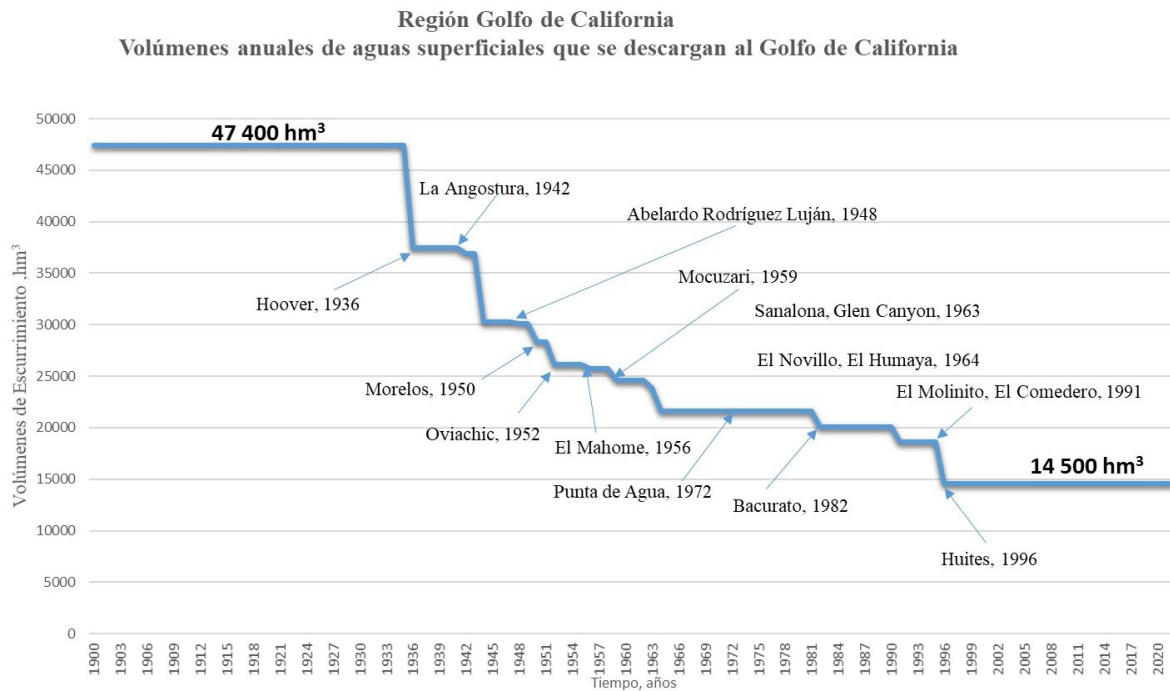


Figura 2. Evolución de los volúmenes que se descargan al Golfo de California

### Análisis de flujos de aguas superficiales por influencia antropogénica

Para conocer el impacto de la actividad antropogénica sobre los volúmenes de agua que desembocan en las costas, se reconstruyeron los escurrimientos naturales de las cuencas aledañas al Golfo de California desde de 1900 hasta la actualidad. Para ello, se utilizaron los registros de las estaciones hidrométricas y de la literatura. Los balances hídricos disponibles muestran que la descarga al Golfo de California en 2020 fue de, aproximadamente, 34% del escurrimiento superficial natural original (Figura 2). La reducción de flujos provoca modificaciones en la salinidad del medio marino e incrementos en las concentraciones y tipos de contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas, como se ejemplifica más adelante.

Un ejemplo de estas reducciones se observa en la cuenca del río Colorado. De los 18,500 hm<sup>3</sup> por año que desembocaban en el Golfo de California en 1900, en la actualidad, el río prácticamente ha perdido su conectividad con el Golfo (Figura 3) como consecuencia de la construcción del sistema de presas y las extracciones para distintos usos a lo largo de la cuenca (Figura 4).

Para profundizar la información sobre el estado actual del delta del río Colorado, se realizó una campaña de muestreo de calidad del agua, tanto en los drenes como en los canales.



Figura 3. Recorrido del río Colorado desde la presa Morelos hasta su desembocadura

Entre los resultados más importantes se encuentran los siguientes:

- Los drenes agrícolas presentan Sólidos Disueltos Totales entre 2,000 y 4,000 ppm, asociados al drenaje agrícola.
- El nitrógeno (nitratos) presenta una concentración de ~50 mg/ml en la presa Morelos y se incrementa hasta los ~140 mg/ml en el río Hardy. Este incremento se asocia a los retornos agrícolas del distrito de riego.
- El fosfato, sulfato y clorato no se detectaron en las pruebas de laboratorio. Esto puede deberse a la adherencia con las partículas de sedimento, manteniéndolos en el suelo.

### Actividades primarias y la interacción con el Golfo de California

La agricultura es una actividad importante para la zona de estudio. En el ciclo 2017-2018, se sembraron cerca de 1.4 millones de hectáreas, que representan 25% de la producción nacional de maíz, trigo y frijol. El uso de fertilizantes y agroquímicos en esta actividad generan una elevada concentración de nitrógeno que se descarga hacia el Golfo de California.

Se estima que se utilizan como fertilizante 370 mil toneladas de nitrógeno y 64 mil toneladas de fósforo al año. De éstos, se calcula que entre 10 y 30% llegan al mar a través de cuerpos de agua, modificando los hábitats acuáticos y terrestres (Chapman y Prat, 1984).

La pesca y acuicultura favorecen de manera significativa la economía local. En la zona de estudio se encuentra 70% de la captura nacional y cerca de 125 mil hectáreas son destinadas a la acuicultura. En 2018, se produjeron cerca de 160 mil toneladas de camarón, con un valor aproximado de 11,500 millones de pesos (CONAPESCA, 2018). Algunos de los efectos de estas prácticas son la disminución de población de especies nativas, como la vaquita marina y la totoaba, así como la eutrofización de cuerpos de agua costeros y marinos.

Para verificar la presencia de nitrógeno orgánico y estimar la cantidad de nutrientes en el Golfo de California, se calculó la presencia de clorofila con base en imágenes satelitales utilizando el algoritmo desarrollado por la NASA (2018). La Figura 5 muestra en verde los sitios ocupados por los distritos de riego y en rojo las zonas costeras con mayor concentración de crecimiento de clorofila "a", las cuales se localizan cerca de las cuencas vertientes con mayor producción agrícola, lo que probablemente sugiera una relación entre las actividades primarias con la descarga de nitrógeno al Golfo.

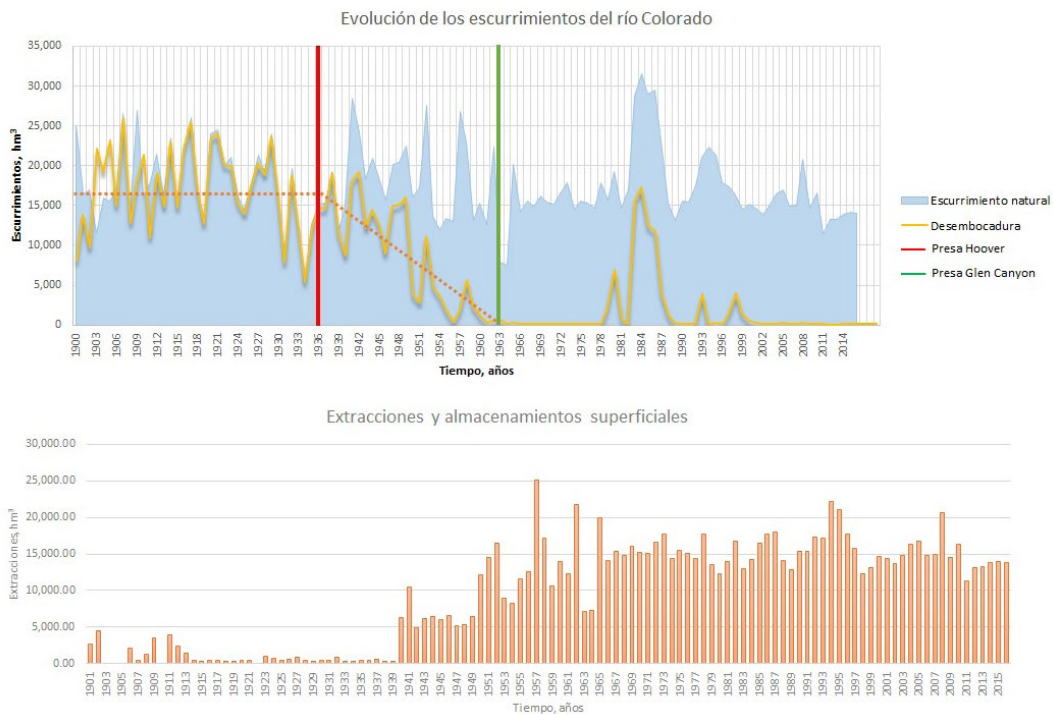


Figura 4. Evolución de las extracciones y almacenamientos de los flujos del río Colorado



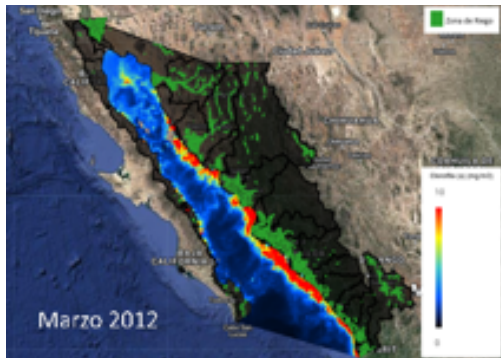


Figura 5. Crecimiento de clorofila "a" con relación a los distritos de riego

### Salinidad

Los estudios preliminares del proyecto se han orientado a analizar las series mensuales de salinidad superficial por medio de imágenes satelitales obtenidas desde enero de 1993 hasta diciembre de 2020. A partir de estas imágenes, se construyeron perfiles longitudinales para observar las variaciones regionales (Figura 6). Los resultados muestran mayor concentración salina en la parte del alto Golfo que, se estima, es ocasionada por corrientes marinas provenientes del Pacífico.

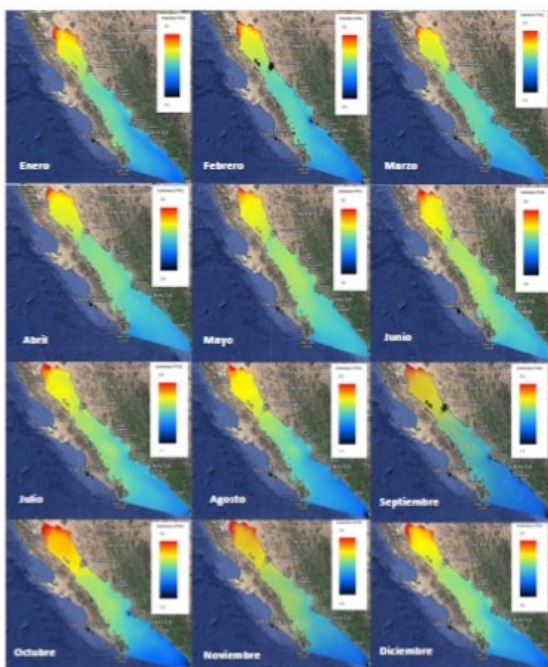


Figura 6. Promedios mensuales de Salinidad en el periodo de 1993-2020

### Conclusiones

El enfoque de la fuente al mar utilizado en el proyecto está a la vanguardia del conocimiento, al permitir el análisis integral de las interacciones entre las cuencas y las aguas marinas. Hasta el momento, los esfuerzos científicos se han centrado en las aguas continentales o en las oceánicas, sin considerar los complejos flujos de sedimentos, nutrientes y contaminantes. Además, se ha omitido el estudio del sistema de gobernanza y gestión establecido para su aprovechamiento. Todos estos elementos forman parte del estudio para promover el manejo sustentable del Golfo de California.

El Golfo de California conserva una alta productividad para las zonas costeras, sin embargo, está sujeto a presiones provocadas por las actividades económicas

Algunas conclusiones preliminares del proyecto son:

- a) Reducción de los flujos de agua dulce.
- b) Incremento de nitrógeno y agroquímicos en las zonas costeras y marinas.
- c) Presión hídrica por las actividades económicas primarias.
- d) Los humedales y lagunas litorales probablemente tienen un papel importante en la asimilación de nutrientes y se deberán continuar estudiando.

### Referencias

- CHAPMAN, H. D. y PRATT, P. F. (1984). Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas, Trillas, México D. F., 195 p.
- CONAGUA (2018). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua, México.
- CONANP (2005). Serial nomination format for the Islands and Protected Areas of the Gulf of California, Mexico for inscription on the World Heritage List. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- WWF (2019). Golfo de California. Fondo Mundial para la Naturaleza, México. Disponible en: [http://www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/programas/golfo\\_california/](http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/golfo_california/) (consultado el 15 de mayo de 2022).





## HOMENAJE A RAFAEL ALMANZA SALGADO

El 17 de junio pasado se reunió la comunidad del IIUNAM para homenajear al Dr. Rafael Almanza Salgado, investigador de esta dependencia universitaria. La Dra. Rosa María Ramírez Zamora al dar la bienvenida afirmó que, Rafael Almanza es reconocido a nivel nacional y también en el extranjero en investigación, innovación, docencia y formación de recursos humanos. Producción que lo ha hecho acreedor a múltiples distinciones, uno de las más importantes es el Premio Universidad Nacional, en 2006, en el área de Innovación Tecnológica y Desarrollo Industrial; su trayectoria ha hecho que se le reconozca como el decano en investigación en energía solar en México.

También, se encontraba en el salón de seminarios el Dr. Enrique Chicurel, quien recordó que conoció a Rafael Almanza en Estados Unidos, en la Universidad de Wisconsin, de esto ya hace sesenta años.

Al tomar la palabra Angélica Quiñones Juárez, quien fue becaria de doctorado del profesor Almanza, comentó que “me da mucho gusto participar en este homenaje de una persona que marcó una parte muy importante en vida, me refiero a querer dedicarme a la investigación, de monitoreo de la radiación solar. Estoy aquí como representante de muchos de los que fuimos sus becarios del profesor Almanza quien siempre nos impulsó a innovar, permitía que creyéramos en la investigación, fomentaba el trabajo en equipo, éramos una familia, académicos, becarios, personal de base, todos colaborábamos”.

Por su parte, José Alberto Valdés Palacios, dijo que hablar sobre la formación bajo la tutela de Rafael Almanza significa muchas jornadas de arduo trabajo en campo y largas horas modelando y preparando experimentos para validar la teoría; significa también, comprometerse con tu país y colaborar en temas novedosos. Trabajar con Rafael Almanza es tener la llave para grandes proyectos, grandes retos, por tanto, grandes responsabilidades.

En su momento, William Lee Alardín, coordinador de la Investigación Científica felicitó al Dr. Almanza, investigador

emérito del Instituto Ingeniería, por todo el trabajo que ha hecho durante su carrera, la contribución evidente en la formación de personal y de tantas generaciones de estudiantes, así como el impacto en proyectos que contribuyen al desarrollo del instituto, de la universidad y del país.

Las contribuciones de Rafael Almanza -comentó David Morillón- van desde el estudio de la concentración solar, generación de electricidad y vapor, calentamiento de agua, estanques solares, etcétera. En el caso de la línea de fotoquímica, la inició en el tratamiento de agua, la potabilización de agua de lluvia con aplicación en escuelas primarias públicas, proyectos de producción urbana y de alimentos. Desde los años ochenta llevó aplicaciones de la energía solar a las comunidades rurales como el calentamiento de agua, el aire para el secado de alimentos, la refrigeración solar para conservación de alimentos y medicamentos, las cocinas solares, entre muchos otros.

Al hablar de la energía solar en México y el mundo, Rafael Almanza es referente, aparece siempre citado. En hora buena, doctor gran abrazo y gracias.

Al tomar la palabra, el Dr. Luis Álvarez Icaza-Longoria dijo que “encontré en Rafael dos características, la primera digamos que ahorita estamos con una nueva ola de investigadores donde todos tienen que publicar con formalismo su trabajo académico; la otra característica es que siempre ha tenido un fuerte vínculo entre el desarrollo teórico y el trabajo experimental”.

Rafael ha sido un gran formador de investigadores, eso lo pueden ver con las secuelas de los alumnos que están aquí, a pesar de que nunca quiso dar clases.

Para el Dr. José Luis Fernández Zayas, Rafael Almanza es un gran científico, es una persona que venera la verdad. “Desde el punto de vista personal, fue él quien decidió convencerme de que yo podía ser una persona decente, entonces, me empezó a prestar libros, comenzó a explicarme estos apasionantes temas que él dominaba”.

Muchas gracias Rafael por tu herencia académica en este instituto que es tan bien apreciada, muchas gracias por el bienestar que le produces a tantas generaciones.

Su hija Marcia compartió con la audiencia la experiencia que tuvo cuando tenía ocho años, veía a los estudiantes de posgrado de su papá y eso la influyó para que ella, en su momento, realizara sus estudios de doctorado.

Una prima del profesor Almanza comentó que ellos vienen de una familia humilde que han salido adelante y que se sienten orgullosos porque de esa generación salieron todos profesionistas. “Estamos muy satisfechos del esfuerzo que hicieron nuestros ancestros, Rafael es el más grande de esta generación y nos puso el ejemplo”.

Por su parte, Rafael Almanza agradeció a las autoridades del instituto, a los colegas que hablaron sobre él, y a todo el auditorio que está presente, porque son amigos familiares, ex becarios, “deseo que sus buenos deseos sobre mi persona se hagan realidad, gracias”.



## EDIFICIO HERMANOS ENRIQUE Y RICARDO CHICUREL UZIEL, NUEVO NOMBRE DEL EDIFICIO 18

A partir del 10 de agosto de este año, el Edificio 18 del Instituto de Ingeniería llevará el nombre de los hermanos Enrique y Ricardo Chicurel Uziel, como un reconocimiento a sus aportaciones en el campo de la Ingeniería Mecánica.

Al dar la bienvenida, la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del IIUNAM, dijo: es para mí, una inmensa alegría estar aquí reunidos para celebrar a los hermanos Enrique y Ricardo Chicurel, en realidad no pudimos haber seleccionado mejores nombres para el Edificio 18, ellos que, además de que laboraron entusiastamente por más de cincuenta años en el IIUNAM, son muy queridos por nuestra comunidad.



Posteriormente, el Dr. David Morillón, Coordinador del área de Mecánica y Energía, enfatizó que los hermanos Chicurel fueron visionarios, pues desde un principio patentaron sus ideas; su forma de trabajar fue meter las manos en el taller para obtener los prototipos. Como investigadores muchas fueron sus contribuciones, además, se distinguieron por su agudo y ameno ingenio humorístico, así como por su don de gente; gracias a ellos, los miembros de esta coordinación aprendimos a convivir. Enrique y Ricardo Chicurel son parte del desarrollo de la mecánica de la UNAM, de México y del mundo.

Durante la ceremonia, Guillermo Aguirre recordó que los hermanos Enrique y Ricardo Chicurel fueron formadores de muchas generaciones, apasionados del diseño, la innovación y la elegancia matemática que debe tener todo desarrollo tecnológico. Sus aportaciones, desarrolladas en el Instituto de Ingeniería, han influido en el avance de nuestro país.



Por su parte, Enrique Chicurel dijo: estoy muy honrado y agradecido por la presente distinción que nos hace el IIUNAM. He trabajado en esta institución desde su inicio. He tenido la suerte -continúo- de contar con un jefe extraordinariamente receptivo y comprensivo, Arturo Palacio.

En esta etapa de su vida, el Dr. Chicurel agregó: agradezco a la Dra. Abril Gijsbers quien le ha dado sentido a mi vida, a la Sra. Irene Torres, quien acude siempre con una sonrisa en sus labios a mi llamado, al Sr. José Rico, quien me transporta a donde tengo que ir y me trata con particular gentileza, a todos ellos muchas gracias.

Al final, los doctores Rosa María Ramírez Zamora, Arturo Palacio y David Morillón develaron la placa en presencia de Enrique y de la familia de Ricardo Chicurel. Ramírez Zamora mandó un fuerte abrazo a la familia de Ricardo Chicurel quien -dijo- ya no se encuentra con nosotros, pero donde quiera que esté debe sentirse feliz y emocionado. |



## FORTALECIENDO LA INTEGRIDAD EN EL SECTOR HÍDRICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Dialogar sobre los retos y oportunidades para impulsar la transparencia, la rendición de cuentas, la participación ciudadana y las medidas anticorrupción en el sector hídrico de América Latina y el Caribe; así como firmar un memorándum de entendimiento entre la Water Integrity Network (WIN) y el Centro Regional de Seguridad Hídrica auspiciado por la UNESCO (CERSHI) para avanzar en la agenda de integridad en la región, fueron los objetivos de la reunión que se llevó a cabo el pasado 30 de mayo en el Salón de Seminarios del IIUNAM.

Al tomar la palabra, el Doctor Fernando González Villarreal, Director General del CERSHI, declaró que con la firma de este Memorándum de Entendimiento entre las dos instituciones se unirán esfuerzos para la promoción de investigación, el desarrollo de capacidades, proyectos y actividades técnicas de

interés conjunto, así como la generación de una red de profesionales, información y conocimiento en materia de integridad.

Comenzaremos esta colaboración -dijo- con el desarrollo de un catálogo de casos, que incluye cursos de acción para toma de decisiones. Además, estamos desarrollando un Plan de Integridad del Agua para América Latina y el Caribe que reconoce los cuatro principios de la integridad: la transparencia, la rendición de cuentas, la participación social y las medidas anticorrupción. Este Plan tiene el potencial de convertirse en un instrumento que transforme la vida de millones de personas -concluyó-.

En esta reunión participaron: Rosa María Ramírez Zamora, Directora del Instituto de Ingeniería UNAM y presidenta del Consejo de Administración del CERSHI; Alejandra Icela Martínez, Subdirectora General de Administración de la Comisión Nacional del Agua; Fernando J. González Villarreal, Director General del CERSHI; Miguel Doria, Hidrólogo Regional para América Latina del Programa Hidrológico Intergubernamental UNESCO; Daniela Patiño Piñeros, Coordinadora de Programas para América Latina y el Caribe de la WIN y Jorge Alberto Arriaga Medina, coordinador ejecutivo del CERSHI. |

## PROFESORES SUDAMERICANOS VISITAN EL IIUNAM

En el mes de junio se tuvo la visita de tres profesores sudamericanos, Elkin Edilberto Henao Bravo del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín Colombia, Gisela Cecilia Alvaredo y Gabriela Silvana Franchini de la Universidad Nacional del Nordeste de la República Argentina; los tres académicos quedaron gratamente impresionados por el compromiso que tienen los académicos del Instituto de Ingeniería, con los trabajos de investigación y extensión aplicados en proyectos de Ingeniería en beneficio de la sociedad.

El profesor Henao Bravo platicó con David Morillón, Coordinador de Mecánica y Energía y visitó a César Ángeles responsable del laboratorio de Electrónica de Potencia; por otra parte, Gisela Alvaredo y Gabriela Franchini estuvieron con Osvaldo Flores y Zaira Hernández en el laboratorio de Mecánica de Suelos; con Víctor Hugo Torres en el laboratorio de Estructuras y con Raúl Sánchez en el laboratorio del Túnel de Viento.

La idea de ellos es crear vínculos entre el Instituto de Ingeniería y sus centros de investigación tanto de la Universidad Nacional del Nordeste República Argentina como del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín Colombia, a fin de impulsar la Internalización de las carreras y el trabajo interdisciplinario. |

  **ECOTIPS**

 **Desconecta**  
tu computadora al terminar  
una jornada laboral

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





## MARCIN SLOWIK PROFESOR VISITANTE

Marcin Slowik, profesor asociado de la Universidad Adam Mickiewicz, Polonia, impartió la conferencia La influencia de las obras hidrotécnicas en los cambios de forma del plan fluvial: hallazgos de los ríos transdanubia (Hungría) y el valle del río Obra (Polonia), en el Salón de Seminarios del Instituto de Ingeniería.

Durante la presentación, el Dr. Slowik mencionó que los ríos se pueden rectificar haciendo rutas más directas con lo que se obtiene un drenado más rápido del agua. Por otro lado, restableciendo un curso más sinuoso de los ríos se disminuye la velocidad de drenado de agua de un valle, así el agua se mantiene; con esto se logra mayor infiltración. Las modificaciones dependerán de lo que se necesite en cada zona.

En cuanto a las modificaciones que se hicieron en los ríos de Transdanubia en Hungría y Valle del Río Obra en Polonia, comentó que los cauces en el Valle Obra fueron modificados para que el sistema fluvial fuera más eficiente, por tal motivo, se rectificaron los

ríos a fin de que las rutas fueran más directas en el valle y drenen más rápido el agua. El Dr. Slowik mencionó, además de la rectificación de cauces, la construcción de presas. Una consecuencia de la construcción de presas fue el cambio de la forma del río aguas abajo de los embalses, el río originalmente era meándrico (cauce con muchas curvas) a una forma multicanal (cauce con varias islas), lo que contribuyó eventualmente a disminuir la disponibilidad de agua en la zona, principalmente en las épocas de sequía.

Dadas las características de este valle, el río tiene cierta cantidad de energía y tiende a adaptarse de acuerdo con su forma geométrica, así, transporta el agua y los sedimentos que le son alimentados desde la parte alta de la cuenca.

Se sabe que cuando se cambia la geometría de un río se rompe el equilibrio que había desarrollado. El río va a regresar a su geometría original hasta que alcance el equilibrio inicial, o en ocasiones, puede alcanzar un nuevo estado de equilibrio con una geometría diferente. Estos procesos pueden tomar muchos años, dependiendo de la energía en exceso que tenga el río para desarrollar trabajo morfológico -afirma el profesor Marcin-

El profesor Slowik va a colaborar con los doctores Moisés Berezowsky y Alejandro Mendoza, ambos investigadores de la Coordinación de Ingeniería Hidráulica, en un proyecto en el que estudiarán el sistema fluvial del Río Grijalva. Han realizado trabajo de campo para comenzar la caracterización del registro sedimentológico en puntos específicos del delta del río Mezcalapa.

La relación entre estos investigadores surgió durante el simposio de Morfodinámica de Ríos, Costas y Estuarios 2019 (RCEM, por sus siglas en inglés) celebrado en Okland, Nueva Zelanda, donde el profesor Slowik presentó un trabajo sobre análisis paleontológico de ríos, que resultó interesante para los académicos del IIUNAM, mientras que el póster que presentó Alejandro Mendoza le pareció sumamente interesante a Slowik, ya que trataba sobre la morfodinámica del delta del río Mezcalapa.

Posteriormente, Marcin, cuya línea de investigación es la paleontología de ríos, se puso en contacto para indicar que había conseguido financiamiento para venir a México e iniciar la colaboración con los investigadores universitarios. Su visita se aplazó por casi dos años por las restricciones de viaje, y es hasta ahora que pudo venir a nuestro país. ¡Bienvenido! |



## NUEVO NOMBRAMIENTO SECRETARÍA TÉCNICA DE VINCULACIÓN DEL IIUNAM

A partir del 1 agosto, la Mtra. María del Rocío Cassaigne Hernández, ocupará el cargo de Secretaria Técnica de Vinculación del IIUNAM.

La Maestra Cassaigne es Química, Maestra en Ciencias (Gestión de Tecnología) y Candidata a Doctora en Investigación de Operaciones por la UNAM, tiene vasta experiencia en el área de la Propiedad Intelectual y Normatividad, así como de la Innovación y Transferencia Tecnológica. Además, es catedrática, autora de libros y conferencista en temas relacionados con la gestión y administración de la tecnología.

La trayectoria profesional de la nueva Secretaria Técnica de Vinculación aportará en beneficio del IIUNAM, bienvenida. |



## BECARIOS DEL IIUNAM ASISTEN A CURSO EN LA UNIVERSIDAD DE SALERNO, ITALIA

Alexander Casilimas Peña y José Martín Valles Canales, becarios del Dr. César Ángeles Camacho en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, asistieron a la escuela de verano en la Universidad de Salerno (Università degli Studi di Salerno) el pasado

mes de julio. Ésta es la séptima edición del curso de verano en Smart Grids, cuyo objetivo fue intercambiar experiencias sobre los diferentes retos que tienen los sistemas eléctricos de potencia frente al cambio climático, haciendo mayor énfasis en la descarbonización, flexibilidad y resiliencia de los sistemas eléctricos de potencia.

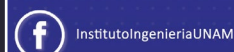
Ambos estudiantes están desarrollando su tesis doctoral bajo la dirección de César Ángeles; este curso les dio la oportunidad de escuchar a profesores mundialmente reconocidos e intercambiar experiencias con estudiantes en similares condiciones para enriquecer su trabajo de investigación. |

# 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



## VALORIZACIÓN Y MANEJO DE LA FORSU AL INTERIOR DE LAS UNIVERSIDADES

Con la finalidad de presentar alternativas para el reúso adecuado de Residuos Sólidos Orgánicos en instituciones públicas como las universidades, se llevó a cabo el pasado viernes 1 de abril de 2022, el Primer encuentro latinoamericano de la valorización y manejo de la FORSU al interior de las universidades. El evento tuvo la participación de diversos miembros del Consorcio Universitario de la Gestión Sostenible de Residuos en América Latina y el Caribe, así como Investigadores del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Esta serie de conferencias busca darle mayor importancia al estudio del reúso de la materia orgánica, pues es vital para el cuidado del medio ambiente, ya que ésta, forma gran parte de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se generan alrededor del mundo.

En su participación, el Mtro. Marco Tulio Espinosa López, docente de la Facultad de Ciencias Ambientales y de la Sostenibilidad de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales de Bogotá, Colombia, presentó el uso tecnológico para el tratamiento de la FORSU (Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Orgánicos) con el que han trabajado, llamado la “Paca digestora silva”. Esta técnica, funciona través del prensado fraccionado de los residuos en un molde de 1 m<sup>3</sup>, logrando con esto una especie de huerta casera.

Posteriormente, el Mtro. Espinosa, llamó a que más personas se unan a la iniciativa de hacer pacas caseras urbanas, pues según datos expuestos por él, a nivel global, de los alimentos producidos para consumo humano, se pierden o se desperdician cerca de 1,300 millones de toneladas, lo que equivale entre un cuarto y un tercio del alimento mundial.

Por su parte, el Dr. Luis Alfonso Sandía Rondón, director del Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes, resaltó la importancia que tiene la creación de áreas verdes urbanas, mediante técnicas de reforestación, creación de pacas biodigestoras, así como recuperación e incorporación de nuevos espacios naturales, enfocándolo en un caso específico retomado de la zona de Mérida-Venezuela.

Durante su presentación, el Dr. Juan Carlos Caycedo González, director de Ecología Competitiva e investigador de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales de la UDCA, de Bogotá, Colombia, habló acerca de la valorización de los residuos orgánicos mediante la determinación de sus características para darle un tratamiento especial a cada tipo de residuo. Además, resaltó la importancia que tienen los recicladores o pepenadores en el sistema de separación de restos, pues esta técnica, beneficia el cuidado del ambiente generando ingresos y empleos.



A continuación, la directora académica de Misión Sustentabilidad, México, la Dra. María Laura Ortíz Hernández, expuso la serie de experiencias que ha tenido en torno al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en relación al manejo de Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) al interior de las universidades. Ya que, en palabras de la Dra. Ortíz Hernández, “las universidades tienen un papel preponderante en el desarrollo de la sociedad democrática, además de que tienen una relación directa con la economía y las necesidades prácticas de la ciudadanía”.

Así mismo, mencionó que la Universidad es un actor con compromiso y responsabilidad social, la cual puede implementar medidas para reducir su impacto ecológico, mediante la correcta gestión de los residuos.

Por parte del Instituto de Ingeniería, el Dr. Simón González Martínez, presentó el tema de producción de biogás a partir de RSO municipales FORSU, ya que a partir de la recolección de materiales orgánicos se genera un proceso de digestión anaerobia microbiana, en las que las bacterias ubicadas en las fracciones de los residuos, producen metano CH<sub>4</sub> a partir de dióxido de carbono e hidrógeno. Luego del proceso de metanización de residuos, estos materiales serán nuevamente utilizados en composta como mejorador de suelo y como tratamiento o fertilizante.

Así mismo, por parte del Instituto de Ingeniería, el Dr. Armando González Sánchez expuso el tema del Aprovechamiento por biotecnología microalgal del lixiviado de la FORSU generados en un restaurante universitario. En este tema, se presentó el proyecto de investigación en el que junto con la Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa, se estudia el proceso de generación de biometano a partir de biogás, donde el CO<sub>2</sub> residual y el lixiviado se utilizan para el crecimiento de microorganismos como microalgas, las cuales posteriormente se pueden utilizar como productos de valor agregado para ser usados como fertilizante o mejorador de suelos para producir más alimentos. |





## CONFERENCIA MAGISTRAL

dentro del marco de la Toma de Protesta  
del Capítulo Estudiantil del Posgrado UNAM ante la SMIG

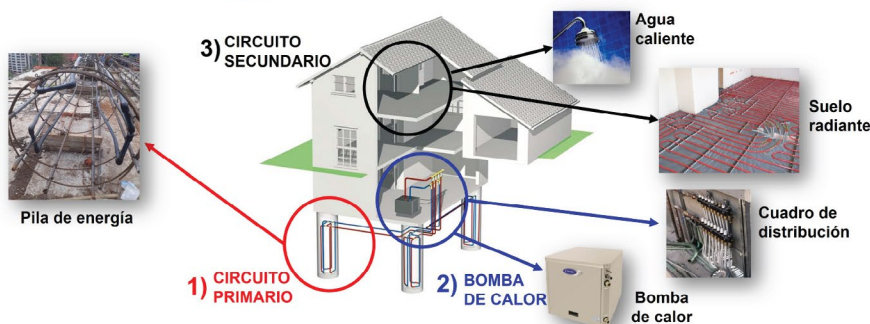
# ESTRUCTURAS TERMOACTIVAS Y LA IMPORTANCIA DEL FLUJO DE AGUA EN SU DISEÑO



Presenta:

**Dra. Norma Patricia  
López Acosta**

Investigadora del Instituto de  
Ingeniería, UNAM



**Viernes  
23 de septiembre  
16:00 h**

Salón de Seminarios  
Emilio Rosenbluth  
**Edificio 1,  
Instituto de Ingeniería,  
UNAM**

Evento híbrido



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