



gaceta

Órgano Oficial de Divulgación del Sistema de Investigación, Innovación
y Desarrollo Tecnológico del Estado de Yucatán

AÑO 2025 | NÚM. 73 | YUCATÁN, MÉXICO



RENACIMIENTO MAYA
YUCATÁN
GOBIERNO DEL ESTADO | 2024 • 2030

SECIHTI

SECRETARÍA DE CIENCIA,
HUMANIDADES, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN



SIIDETEX



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DEL ESTADO
DE YUCATÁN



UTM
UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA





SIIDETey



RENACIMIENTO MAYA
YUCATÁN
GOBIERNO DEL ESTADO | 2024 • 2030

SECIHTI

SECRETARÍA DE CIENCIA,
HUMANIDADES, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN



Parque Científico y
Tecnológico de Yucatán



gaceta
Órgano Oficial de Divulgación del Sistema de Investigación, Innovación
y Desarrollo Tecnológico del Estado de Yucatán

Órgano Oficial de Divulgación de la Ciencia y
Tecnología en Yucatán

Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Estado de Yucatán



Contáctanos: gaceta.siidetey@gmail.com

www.siidetey.org

El conocimiento gestado en el Estado de Yucatán atraviesa comunidades, territorios, saberes y generaciones. La Gaceta #73 es testimonio de esa travesía compartida, donde la ciencia, la tecnología, la innovación y las humanidades dialogan para enfrentar los desafíos de nuestro tiempo, particularmente en Yucatán.

Iniciamos este número con un tema que nos afecta directamente: la arribazón de macroalgas al Puerto de Sisal, fenómeno con implicaciones ecológicas, económicas y sociales. Este escenario nos invita a reflexionar sobre la urgencia de un enfoque multidisciplinario ante el cambio climático y sus efectos en nuestras costas.

Esta edición también presenta avances relevantes en energías renovables, particularmente en celdas solares de película delgada, que abren nuevas posibilidades para un modelo energético más sostenible. De igual forma, celebramos los aportes del SIG Participativo y el Programa Aprender Sirviendo, donde la tecnología se pone al servicio de las comunidades, uniendo saber académico y acción social.

Esta Gaceta también se adentra en los grandes debates del presente, como lo plantea el artículo “Los límites de la ciencia”. Desde otra perspectiva, exploramos cómo la Inteligencia Artificial puede revitalizar la educación de lenguas indígenas, integrando innovación y justicia lingüística.

En el ámbito de la robótica, la rehabilitación del robot Darwin OP2 refleja la importancia de la investigación aplicada y la recuperación tecnológica, mientras que, en salud pública, abordamos el impacto del infarto agudo de miocardio en la población yucateca.

Nuestra edición cierra con investigaciones sobre la salud animal y la vida rural, así como el diagnóstico de resistencia de garrapatas a ixodicidas, el análisis de cómo el urbanismo y la ruralidad inciden en la salud mental, y un riguroso estudio econométrico sobre los precios inmobiliarios en Mérida, vital para pensar la ciudad.

Esta Gaceta es una muestra del talento y compromiso que florece en Yucatán. Desde el SIIDETHEY reafirmamos nuestra convicción de que el conocimiento debe estar al servicio de la vida digna, de la inclusión y de un futuro común. Que esta lectura inspire nuevas preguntas, colaboraciones y soluciones al servicio de nuestra tierra y nuestra gente.

Con aprecio y compromiso,

Dra. Geovanna Campos Vázquez

Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
del Gobierno del Estado de Yucatán
Presidenta del SIIDETHEY



Quiénes Somos:

La Gaceta SIIDETHEY No. 72, septiembre-diciembre 2024, es una publicación digital cuatrimestral editada por el Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Estado de Yucatán; cuenta con un Comité Editorial que aprueba la publicación de los artículos y fotografías que son enviados por las instituciones miembros. Los artículos son responsabilidad de cada autor o autora y su utilización total o parcial debe ser autorizada por el SIIDETHEY.

La Gaceta SIIDETHEY tiene una paginación variable; es realizada en la ciudad de Mérida, Yucatán, México, en las oficinas de la Subsecretaría de Tecnología e Innovación de la SECIHTI Yucatán, ubicadas en la calle 31A S/N por 8, Col. San Esteban, C.P. 97149. Fecha de última modificación: 31 de diciembre de 2024.

SIIDET EY

DIRECTORIO

**Secretaría de Ciencia, Humanidades
Tecnología e Innovación de Yucatán**
Dra. Geovanna Campos Vázquez

Universidad Autónoma de Yucatán
Dr. Carlos Alberto Estrada Pinto

**Centro de Investigación Científica de
Yucatán**
Dra. Maira Rubi Segura Campos

**Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del IPN. Unidad Mérida**
Dr. Gabriel Merino Hernández

**Subsede Sureste del Centro de
Investigación y Asistencia en
Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco**
Dr. Manuel Ramírez Sucre

**Centro de Investigaciones y Estudios
Superiores en Antropología Social**
Dra. Laura Machuca Gallegos

Universidad Nacional Autónoma de México
Dr. Xavier Chiappa Carrara

Universidad Tecnológica Metropolitana
Mtra. Marysol Canto Ortiz

Instituto Tecnológico de Conkal
Mtra. Rocío Elizabeth Pulido Ojeda

**Centro de Investigación Regional Sureste
del Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**
M.C. Bartolo Rodríguez Santiago

Instituto Tecnológico de Mérida
Dr. José Antonio Canto Esquivel

Texas A&M University
Dr. Zenón Medina Cetina

Universidad Anáhuac Mayab
Ing. Miguel Pérez Gómez

Universidad Marista de Mérida
M.I. Ermilo José Echeverría Castellanos

**Centro de Investigación en Ciencias
de Información Geoespacial-Mérida**
Dr. Oscar Sánchez Siordia

Centro de Investigación en Matemáticas
Dr. José Carlos Gómez Larrañaga

El Colegio de la Frontera Sur
Dr. Antonio Saldívar Moreno

Universidad Politécnica de Yucatán
Mtro. Aarón Rosado Martínez

Universidad Modelo
Ing. Carlos Sauri Duch

COMITÉ EDITORIAL

UNAM-ENES Mérida
Daniela H. Tarhuni Navarro

INIFAP
Raúl Díaz Plaza

CICY
Miguel Gibrán Román Canto

Centro Geo
Silvia Fidelina Fernández Sabido

UNAM Campus Yucatán
Mónica S. Enríquez Ortiz

Universidad Marista de Mérida
Alfonso Cuevas Jiménez

Ciatej
Élida Gastélum Martínez

Universidad Anáhuac Mayab
Mariana Berenice González Leija

CIESAS
Inés Isabel Cortés Campos
Cristobal Alfonso Sánchez Ulloa

UADY
Ramón Peniche Mena

Universidad Modelo
Jorge Carlos Canto Esquivel

Ecosur
María Magdalena Jiménez Ramírez

Cinvestav
Rafael Rivera Bustamante

Cimat
Joel Antonio Trejo Sánchez

Secihti Yucatán
Ericka Guiselle Garibay Nava

ITM
Gabriel Lizama Uc

UPY
Lucero Priscila Damián Adame

**Responsable de la información
Subsecretaría de Tecnología e
Innovación**

**Responsable de la publicación
Subsecretaría de Tecnología e
Innovación**

**Diseño editorial
Secretaría de Ciencia, Humanidades
Tecnología e Innovación de Yucatán**
Miguel Durán

Arribazón de macroalgas al puerto de Sisal, Yucatán	05
Percepción de los estudiantes del TBCEY-Sisal sobre los efectos del aumento de la temperatura del mar en la pesca, su seguridad alimentaria y futuro de su comunidad	11
Recientes avances tecnológicos en el desarrollo de celdas solares de película delgada	14
SIG Participativo y el Programa Aprender Sirviendo: tecnología y comunidad para la sostenibilidad	18
Los límites de la ciencia	22
Innovación en la educación de lenguas indígenas a través de la IA	26
Rehabilitación del robot humanoide Darwin OP2	29
Entre los males del corazón de los yucatecos: el infarto agudo de miocardio	34
Diagnóstico de resistencia de garrapatas <i>Rhipicephalus microplus</i> a ixodicidas en ranchos ganaderos del estado de Yucatán	38
Urbanismo y ruralidad como factores en la salud mental en Yucatán	42
Factores determinantes de los precios inmobiliarios: un análisis econométrico del mercado de vivienda en Mérida, Yucatán (2024)	46

ARRIBAZÓN DE MACROALGAS AL PUERTO DE SISAL, YUCATÁN

**Autores:**

Katherine Daza, Braulio Juárez Araiza, J. Alejandro Kurczyn Robledo

Correo de contacto:

jkurczynr@iingen.unam.mx

Palabras clave:

dispersión de partículas, modelación lagrangiana, macroalgas, Sisal, Yucatán

Las macroalgas son organismos fotosintéticos que suelen encontrarse en el fondo marino, desde los 0 hasta los 200 m de profundidad, y forman parte de numerosos ecosistemas subacuáticos. Durante su ciclo de vida, estas algas viven adheridas al suelo marino, pero también al ser desprendidas de este debido a diferentes causas, ellas pueden continuar con su ciclo de vida flotando libremente o adheridas a otras superficies flotantes. En las costas de la península de Yucatán se presentan arribos masivos de macroalgas a lo largo del año, llamadas coloquialmente como sargazo. Estas arribazones generan problemas de salud pública debido a la disminución en la calidad del aire por la emisión de gases resultantes de procesos de descomposición (ej. ácido sulfhídrico y metano). Pero también generan problemas económicos, principalmente al sector turístico, al modificar el aspecto estético de las playas, afectando a las personas que gustan de disfrutar de estas, o afectando a las maniobras marítimas de embarcaciones menores, sobre todo a la entrada de los puertos donde se acumulan.



Fig. 1. Macroalgas varadas en la entrada del puerto de Sisal

Durante el invierno, los frentes fríos que afectan al golfo de México modifican considerablemente las condiciones ambientales, aumentando la fuerza del viento, el oleaje y las corrientes, lo que contribuye al desplazamiento y arribazón de macroalgas hacia las playas en la costa norte y oeste de Yucatán.



Figura 3b. Comparativa del tamaño de este tipo de algas.



Figura 2. Imagen descriptiva del paso de un frente frío (Conagua).



Para la costa norte de Yucatán, existe un registro de las macroalgas rojas que conforman los parches que llegan a estas costas y se ha visto que su procedencia es principalmente local, aunque este es un tema de discusión abierto a su estudio. Por otro lado, estas arribazones algales son independientes y derivan de procesos físico-biológicos muy diferentes a los ocurridos en la Riviera Maya.

Figura 3a. Acercamiento fotográfico a las macroalgas que recalán en las costas de Yucatán. (3b) Comparativa del tamaño de este tipo de algas.

El Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la UNAM, localizado en Sisal, Yucatán (<https://lipc.unam.mx/>), está enfocado en contribuir a la generación de conocimiento nuevo, que colaboré en la solución de los problemas costeros y marítimos nacionales. En este sentido, en el LIPC se realizó una investigación mediante ejercicios computacionales para tratar de saber cuál podría ser el lugar de origen de las macroalgas que arriban a las costas yucatecas. Para ello, se realizó un análisis de las condiciones

atmosféricas y oceánicas que influyen en el arribo de macroalgas al puerto de Sisal durante la época de frentes fríos. La economía de Sisal se basa principalmente en la actividad pesquera de flotas menores y, en menor medida, en actividades turísticas. Por lo tanto, la concentración de macroalgas en la entrada del puerto principal puede afectar maniobras de navegación. También su varamiento en la playa afectan a las personas turistas que vienen a disfrutar de la localidad de Sisal.



Figura 4. Foto aérea del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (abajo a la derecha), y del puerto de abrigo de Sisal, Yucatán (abajo a la izquierda).

En este trabajo se utilizó el modelo computacional de dispersión de partículas bidimensional SimLaTS (Simple Lagrangian Trajectory Simulator), desarrollado en el LIPC. Esta herramienta de dispersión también puede ser utilizada para modelar la dispersión de larvas de organismos marinos (Ramos et al., 2017), estudios que se conocen como conectividad biológica, así como el intercambio de propiedades del agua de mar como los nutrientes, temperatura, salinidad, o de contaminantes marinos. En el caso particular de esta investigación, el modelo SimLaTS fue forzado con la energía del viento y de la corriente superficial para estimar la trayectoria hipotética que tendrían las macroalgas en la superficie del mar, en las aguas localizadas dentro de la plataforma de la península de Yucatán. La información de los datos de viento y de la corriente superficial se tomaron de las estimaciones numéricas predichas por el modelo HYCOM, para las fechas de frentes fríos de 2019 a 2022 reportados por el Sistema

Meteorológico Nacional (2023) y confirmadas por Kurczyn (2020).

El experimento consistió en elegir 6 sitios localizados en el mar (Fig. 5), donde se colocaron partículas virtuales que se dejaron dispersar por el viento y las corrientes libremente. Al final se contabilizaron las partículas que llegaron al puerto de Sisal, provenientes de los sitios elegidos. El modelo es muy sencillo, ya que solo usa viento y corrientes para estimar la dispersión, sin embargo sus resultados fueron muy interesantes ya que mostraron que el transporte de macroalgas inicia localmente en estos sitios propuestos y se distribuyen hacia la costa de Sisal por la influencia del arrastre del viento y las corrientes regionales. En trabajos posteriores es importante incluir información sobre los rasgos físicos de las algas, como su forma, peso, cambios fisiológicos durante el tiempo de dispersión, etc., para obtener simulaciones más apegadas a la realidad.

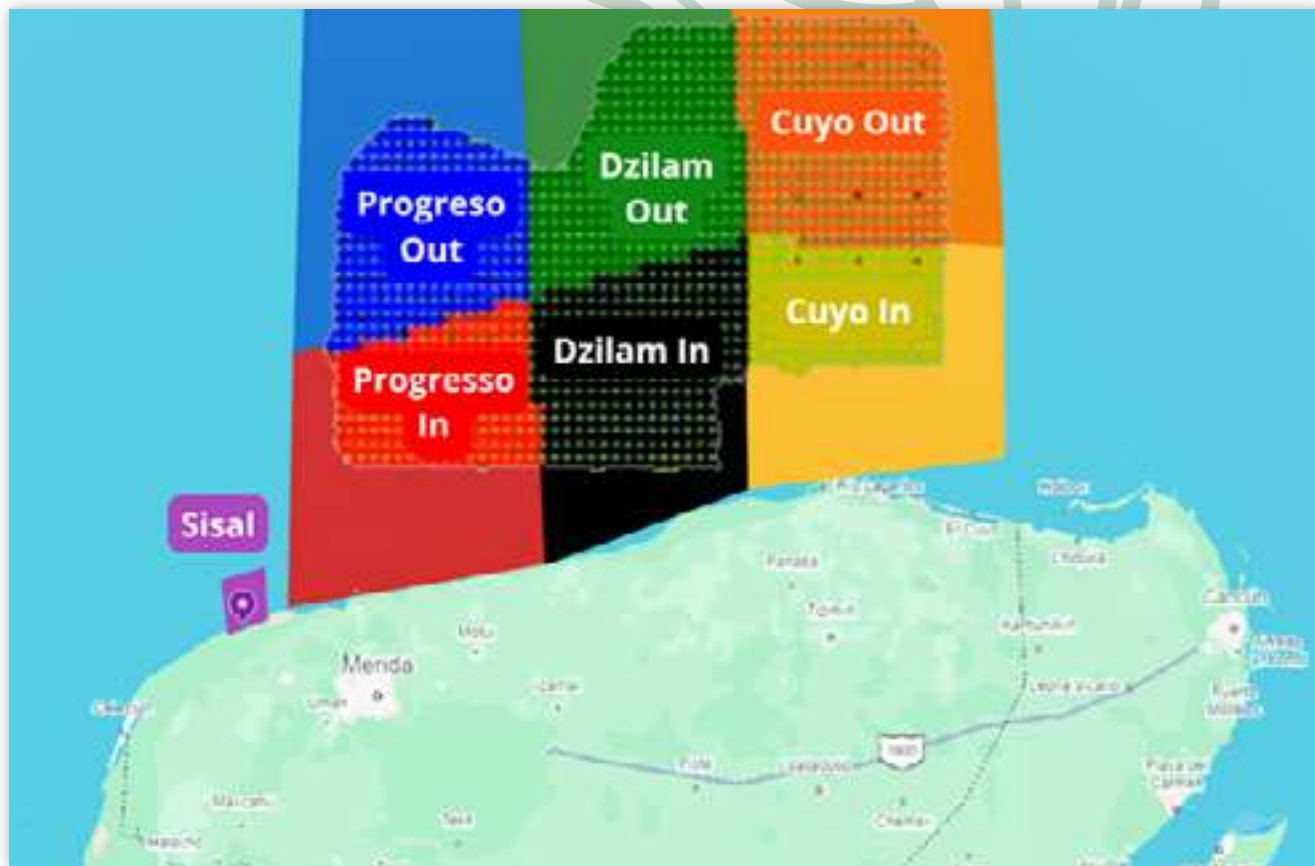


Figura 5. Localización de los sitios de partida de las partículas simuladas (6 polígonos) y el sitio de llegada (polígono que representa la costa de Sisal).

A partir de 8 eventos de Norte simulados, encontramos que las partículas virtuales sembradas dentro de los 0 y 40 m de profundidad llegaron en mayor cantidad al puerto de Sisal, siguiendo una dirección predominante hacia el oeste. Las regiones frente a las costas de Dzilam de Bravo y El Cuyo presentaron el mayor aporte de partículas al

puerto de Sisal. Dos de los eventos simulados que mostraron arribo de partículas al puerto de Sisal, fueron corroborados por los reportes locales de dos diarios estatales (*Diario de Yucatán* y *PorEsto*). Estos eventos ocurrieron del 28 de septiembre al 4 de octubre de 2020, y del 20 al 26 de diciembre de 2022 (Fig. 6).

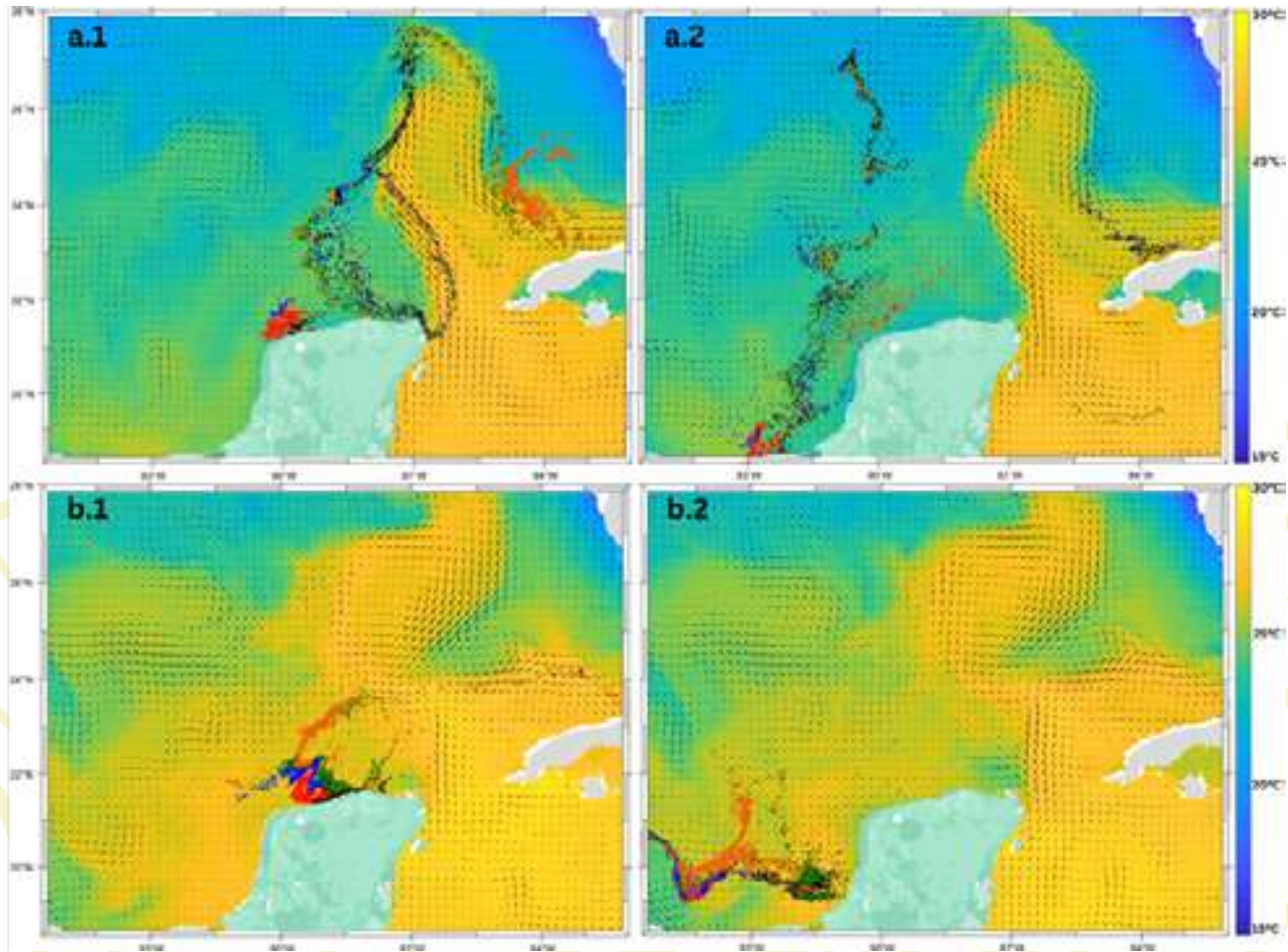


Figura 6. Resultados de la dispersión de partículas del modelo SimLaTS, de los eventos ocurridos el (a) 24-25 de enero de 2019 y el (b) 23-24 de diciembre de 2022. Los puntos de colores representan la dispersión de las macroalgas en las fechas indicadas. El color del fondo es la temperatura superficial del mar y los vectores de corrientes, del modelo HYCOM.

Referencias bibliográficas

Daza K. 2024. Variabilidad temporal de la dispersión de partículas en la costa norte de la Península de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California.

Kurczyn JA. 2020. central_american_cold_surge_dates_2002-2022.5.csv. figshare. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12925505.v5>

Ortegón-Aznar I, Ávila-Mosqueda V. 2020. Arribón de macroalgas en la península de Yucatán: ¿Problema local, regional o mundial? Bioagrociencias. 13(2). p. 28–37.

Oyesiku O, Egunyomi A. 2014. Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgesen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. African Journal of Biotechnology. 13(10). p. 1188-1193.

Ramos JE, Bazzino Ferreri G, Ramos-Rodríguez A, Kurczyn JA, Rivas D, Salinas-Zavala CA. 2017. Characterization of the northernmost spawning habitat of *Dosidicus gigas* with implications for its northwards range extension. Marine Ecology Progress Series Vol. 572: 179–192, 2017. <https://doi.org/10.3354/meps12140>

Rosado-Espinoza LA. 2012. Caracterización ficológica de comunidades bentónicas y de arribazón en Dzilam de Bravo, Yucatán. Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales Tropicales. Universidad Autónoma de Yucatán. 77 p.

SEMARNAT. 2021. Lineamientos Técnicos y de Gestión para la Atención de la Contingencia ocasionada por macroalgas en el Caribe Mexicano y el Golfo de México. 45 p.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2023. Aviso de Sistemas Frontales y Evento de “Norte” en el Golfo de México. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/pronosticos/avisos/aviso-de-sistemas-frontales-y-evento-de-norte-en-el-golfo-de-mexico>

Suarez A, Martínez-Daranas B. 2018. La problemática del macroalgas en el Caribe. En A. Hernández-Zanuy, Adaptación basada en Ecosistemas: alternativa para la gestión sostenible de los recursos marinos y costeros del Caribe (págs. 171 pp., ISBN: 978-959-298043-3). Instituto de Oceanología, La Habana.

Percepción de los estudiantes del TBCEY-Sisal sobre los efectos del aumento de la temperatura del mar en la pesca, su seguridad alimentaria y futuro de su comunidad

Autores:

Rojo-Cebreros Ángel Humberto, Chi-Romero Fátima Selene
Escamilla-Aké Ángel, Ponce-Márquez Marco Antonio, Rosas Carlos

Correo de contacto:

angel.rojo@ciencias.unam.mx

Palabras clave:

TBCEY, UMDI, calentamiento global, seguridad alimentaria

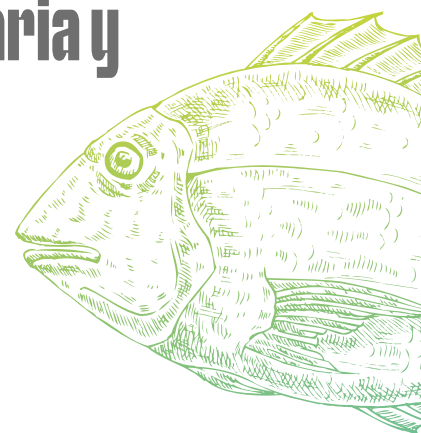
Introducción

El Plan de Desarrollo Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) 2023-2027, resalta la importancia de ser una universidad incluyente y al servicio de la nación. La UNAM asume su papel como conciencia crítica del país, comprometiéndose a generar conocimiento útil para enfrentar los problemas nacionales, con especial atención en los pueblos originarios. Un ejemplo de esta labor es la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) en Sisal, Yucatán, perteneciente a la Facultad de Ciencias.

En colaboración con el Telebachillerato Comunitario de Yucatán, sede Sisal (TBCEY-Sisal), que forma parte de la Secretaría de Educación del Estado (Segey), se ha impulsado el curso-taller titulado "UNAM-Yucatán: una gran oportunidad para jóvenes de Sisal y su integración en la acuicultura". Este curso-taller tiene como objetivo acercar a las y los jóvenes de la comunidad de Sisal a la acuicultura, mostrando las oportunidades académicas y

laborales que pueden adquirir en diversas áreas del conocimiento que se desarrollan en la UMDI Sisal de la Facultad de Ciencias (FC) de la UNAM, en especial en la biología y cultivo de peces marinos.

La colaboración comenzó en septiembre de 2023, cuando el Dr. Carlos Rosas y colegas investigadores de la UMDI-FC-Sisal, iniciamos un acercamiento con las autoridades del TBCEY-Sisal. La responsable del plantel, Q.I. Fátima Selene Chi Romero, mostró interés en esta iniciativa reconociendo su potencial para fortalecer el aprendizaje en el telebachillerato comunitario. Como primer paso, se organizó un recorrido por las instalaciones de la UMDI-FC-Sisal, lo que despertó entusiasmo tanto en la responsable como en los jóvenes, no solo por la acuicultura, sino también por su posible vínculo con el turismo. En noviembre de 2023, en coordinación con la Secretaría de Educación del Estado de Yucatán (Segey) se programó el primer curso-taller dirigido a estudiantes de sexto semestre, el cual se llevó a cabo de febrero a julio del ciclo escolar 2024.



El curso-taller incluyó actividades teóricas y prácticas sobre acuicultura en la zona costera, abordando temas de manejo y biología de peces marinos, pulpos y caballitos de mar. En el proceso, las y los estudiantes fueron registrados oficialmente como alumnado externo de la Facultad de Ciencias de la UNAM, lo que les permitió obtener una credencial para acceder al campus de Sisal e integrarse a la comunidad universitaria. Al finalizar, los participantes identificaron opciones laborales, académicas y de investigación en este campo. Además, con el apoyo de la responsable del plantel, seis estudiantes fueron seleccionados para participar en el proyecto PRONAH-2024 titulado “El impacto del cambio climático en las poblaciones pesqueras del sur del golfo de México: integrando acciones productivas, manejo pesquero y conocimiento ambiental, base para la adaptación de las comunidades costeras”, bajo la dirección del Dr. Carlos Rosas. Con estas acciones, esta colaboración busca consolidar el vínculo entre instituciones con el objetivo de fortalecer las capacidades de las y los jóvenes en tres áreas clave: acuicultura, turismo y diversificación de actividades en la zona costera de Sisal.

Método: encuesta de percepción

Durante el curso-taller, se realizó una encuesta a las y los estudiantes del sexto semestre del TBCEY-Sisal (n=16) para conocer sus percepciones sobre el impacto del aumento de la temperatura del mar en la seguridad alimentaria y sus expectativas laborales en la comunidad. Los resultados, recogidos mediante Google Formularios®, ofrecen una visión clara de sus inquietudes y aspiraciones.

Resultados

Los resultados de la encuesta evidencian profundas preocupaciones sobre los cambios

ambientales y su impacto en la vida local (Figura 1).

Conocimiento sobre el impacto climático: un 20% de los encuestados afirmó estar muy informado sobre cómo el cambio climático afecta la pesca artesanal en su comunidad; un 35% se consideró algo informado, mientras que un 25% reconoció saber poco y un 20% admitió no tener conocimiento alguno sobre el tema. Estos datos reflejan una variabilidad en la comprensión del impacto ambiental en la pesca, subrayando la necesidad de ampliar la educación y la concientización sobre el cambio climático en la región.

Percepción del calentamiento del mar: un 60% de los estudiantes percibe que el calentamiento de las aguas está afectando la disponibilidad de especies marinas, identificando este fenómeno como una amenaza para la pesca local. Sin embargo, el 25% no está seguro de esta conexión y el 15% no percibe ninguna afectación directa. Estos datos sugieren una percepción generalizada sobre los efectos del calentamiento, aunque algunos estudiantes todavía no identifican claramente su impacto en la biodiversidad local.

Preocupaciones laborales: un 40% expresó una fuerte preocupación por sus oportunidades laborales, mientras que el 30% tiene inquietudes moderadas. Este escenario enfatiza la necesidad de desarrollar oportunidades económicas seguras y sostenibles en la comunidad.

Interés en el sector pesquero: aunque el 45% de los estudiantes consideraría trabajar en el sector pesquero, el 55% restante no contempla esta opción. Este desinterés destaca la importancia de fortalecer el atractivo de un sector pesquero sostenible y de promover alternativas económicas para impulsar el desarrollo regional.

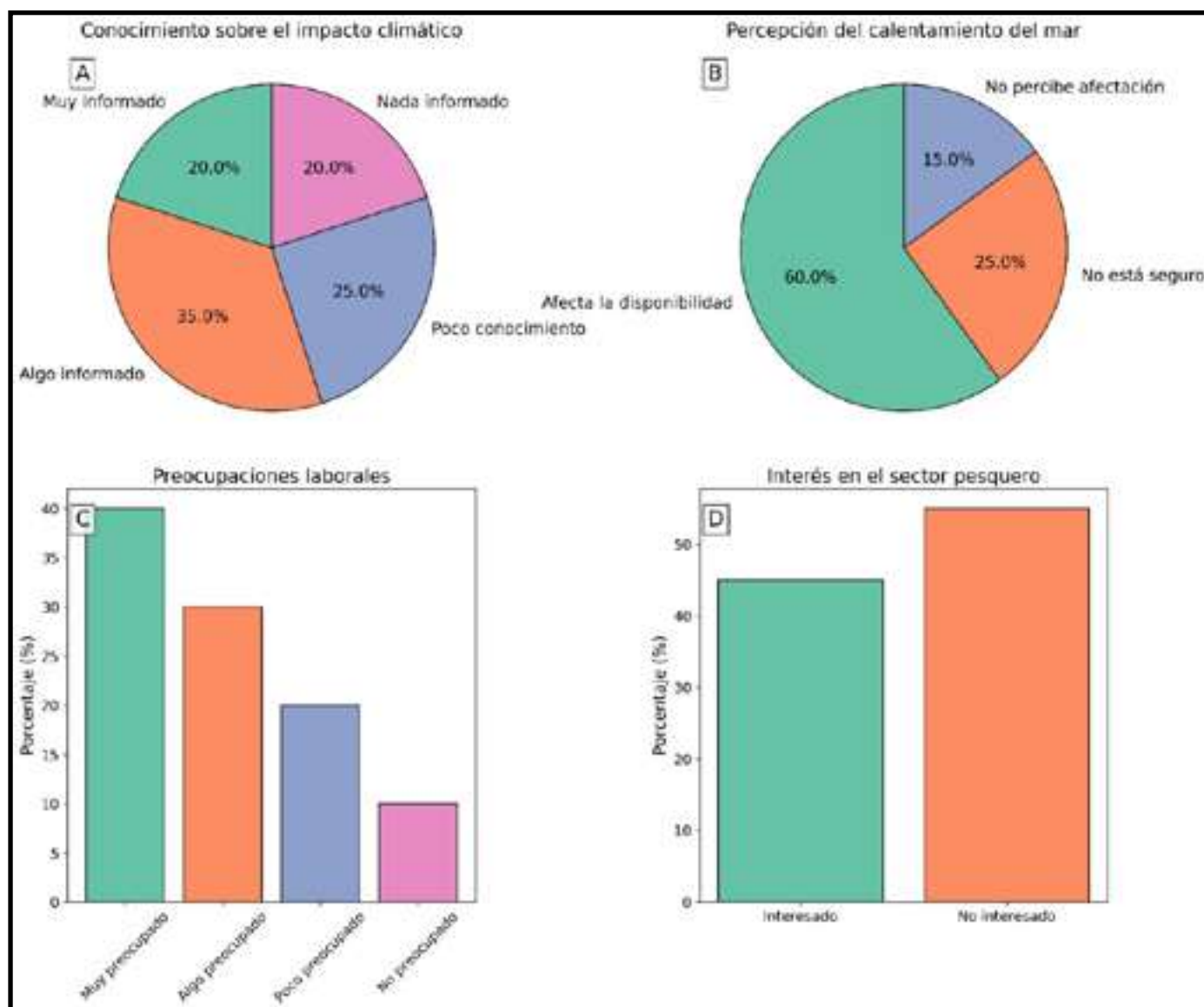


Figura 1. Resultados de la encuesta a estudiantes del TBCEY-Sisal sobre cambio climático y pesca. A) Conocimiento sobre el impacto climático en la pesca. B) Percepción del calentamiento del mar y disponibilidad de especies. C) Preocupaciones laborales. D) Interés en trabajar en el sector pesquero.

Discusión

Los resultados muestran que, aunque los estudiantes del TBCEY-Sisal tienen cierto conocimiento sobre los efectos del cambio climático en la pesca artesanal, aún existe un porcentaje considerable con información insuficiente. Muchos reconocen el impacto del calentamiento marino en la disponibilidad de especies, aunque también surge una preocupación por las perspectivas laborales en el sector pesquero.

Este contexto destaca la necesidad de implementar programas educativos que aborden la relación entre cambio climático, pesca sostenible y seguridad alimentaria en comunidades costeras. Asimismo, es crucial

promover políticas que fortalezcan el atractivo de la pesca sostenible y desarrollen nuevas oportunidades económicas en la región. La colaboración entre la UNAM-Yucatán y el TBCEY-Sisal ejemplifica cómo la educación y la investigación contribuyen al desarrollo comunitario y a la adaptación frente a los desafíos climáticos.

Referencias

Universidad Nacional Autónoma de México. 2024. Plan de Desarrollo Institucional (PDI).
Google Formularios© (2024). Educación y Seguridad Alimentaria en la costa de Yucatán (ESTUDIANTES). google.com

Recientes avances tecnológicos en el desarrollo de celdas solares de película delgada

Autores:

*Jesús Sandoval-Gío

Carlos Alberto Luján-Ramírez

Víctor Rejón-Moo

Víctor Sandoval-Curmina

Agustín Hernández-Benítez

Tomás Villalobos-Díaz

Víctor Manuel Jiménez-Silva

Correo de contacto:

jesus.sg@merida.tecnm.mx

Palabras clave:

celdas solares, película delgada, perovskita, telururo de cadmio, seleniuro de antimonio

A medida que crece la demanda global de energía, mejorar la eficiencia y reducir los costos de producción de las celdas solares es esencial para su adopción masiva (DOE, 2022). Las celdas solares más comerciales en la actualidad están basadas en silicio y han dominado el mercado por su alta eficiencia y estabilidad; sin embargo, su producción implica altos costos y complejos procesos de fabricación (Di Sabatino et al., 2024). Esto ha impulsado el desarrollo de tecnologías alternativas como las celdas solares de película delgada (CSPD).

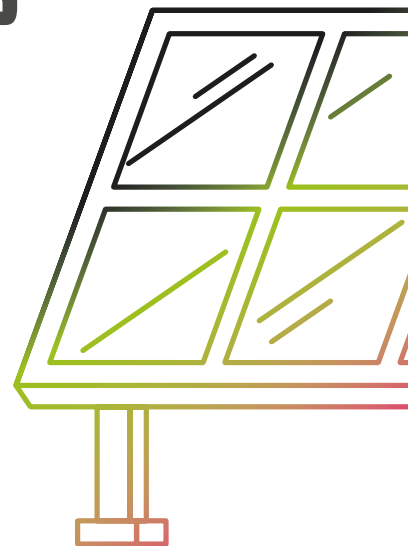
Tecnología de celdas solares de película delgada

Las CSPD son una tecnología fotovoltaica que, a diferencia de las celdas solares convencionales de silicio (que son gruesas y rígidas), están formadas por varias capas ultradelgadas de materiales semiconductores. Esta arquitectura permite que las celdas sean ligeras y se puedan aplicar a superficies donde las celdas solares tradicionales no serían viables, como en ventanas, fachadas y

estructuras curvadas de edificios o incluso en dispositivos flexibles (Sivaraj et al., 2022). Las capas que forman las CSPD tienen funciones específicas. Estas son:

- Capa absorbente. Está formada por el material que convierte la luz solar en electricidad.
- Capas de transporte de carga. Facilita que los portadores de carga puedan moverse hacia los electrodos para crear una corriente eléctrica.
- Electrodos. Recogen los electrones y huecos que formarán la corriente eléctrica utilizable. Pueden ser materiales ópticamente transparentes u opacos según la posición que ocupen en la estructura de la celda.

El depósito de estas capas se realiza con métodos fisicoquímicos, siendo los más utilizados el *sputtering* (pulverización catódica), sublimación en espacio cercano (*Closed Space Sublimation*, CSS) y depósito por baño químico (*Chemical Bath Deposition*, CBD).



A continuación, se describen algunas de las más recientes tecnologías de fabricación de CSPD.

Perovskita

Las celdas solares de perovskita están construidas principalmente a partir de haluros metálicos como el triyoduro de metilamonio y plomo (MAPbI_3), como el material activo encargado de absorber la luz solar. El método más utilizado en su fabricación es la cristalización asistida por gas de metilamina (Wu et al., 2021). El transporte de cargas se realiza con capas de óxido de titanio (TiO_2) para los electrones, y Spiro-OMeTAD para los huecos, logrando un rendimiento de hasta el 25.5 % (Saki et al., 2021). La **Figura 1** ilustra una estructura típica de CSPD de perovskita.

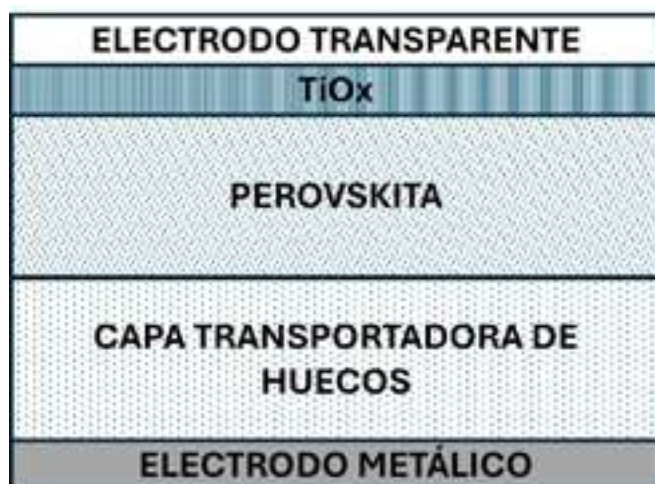


Figura 1. Capas de una celda solar de perovskita típica (Fuente: elaboración propia).

Telururo de cadmio (CdTe)

Estas celdas usan CdTe como capa activa, aprovechando su ancho de banda óptico para absorber luz visible y lograr una eficiente conversión de energía (Scarpulla et al., 2023). Se usa un óxido conductor transparente para el paso de luz y como contacto eléctrico, una capa de sulfuro de cadmio (CdS) que actúa como capa amortiguadora y, finalmente, la capa de CdTe como capa de absorción (Rejón

et al., 2015; Tai et al., 2024). La Figura 2 muestra una estructura típica.

Se fabrican principalmente con técnicas de CSS y *sputtering* (Tai, 2024). Mediante un proceso de *annealing* (Riech et al., 2013) y agregando una estructura multicapa de Cu/Mo en el contacto posterior, es posible incrementar la eficiencia (Peña et al., 2013; Rejón et al., 2015).

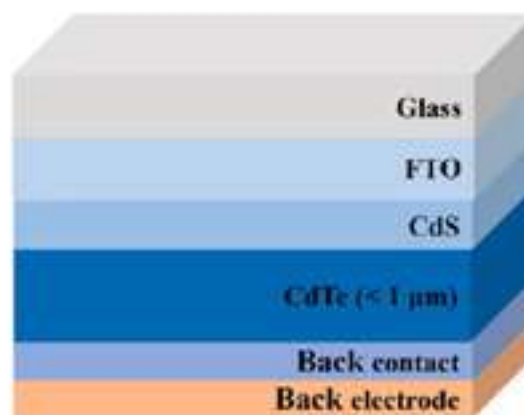


Figura 2. Estructura de una celda de CdTe (Tomado de Tai et al., 2024).

La principal desventaja de las celdas de CdTe es la toxicidad del cadmio (Escalante, 2024), aunque estas siguen siendo una opción viable debido a su balance costo-eficiencia y simplicidad de manufactura. Se han reportado eficiencias cercanas al 25 % (Hosen et al., 2023; Scarpulla et al., 2023).

Seleniuro de antimonio (Sb^2Se^3)

Este material es de bajo costo, de abundancia terrestre y con baja toxicidad; por tanto, es una alternativa frente al CdTe. Los métodos de fabricación incluyen CSS (Escalante, 2024) y *sputtering*. Las Figuras 3 y 4 muestran una imagen de microscopía electrónica de un depósito de Sb^2Se^3 por CSS y la estructura de una celda de Sb^2Se^3 , respectivamente.

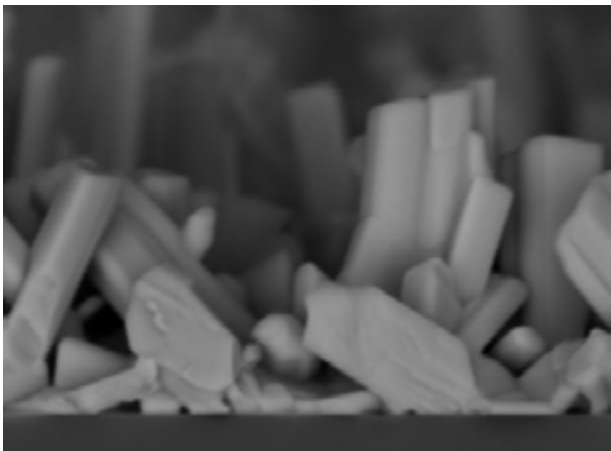


Figura 3. Microfotografía de película delgada de seleniuro de antimonio (Tomada de Escalante, 2024)

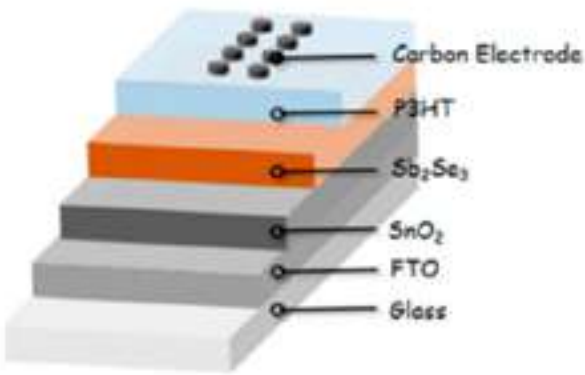


Figura 4. Estructura de una celda de película delgada de Sb²Se³ (Tomada de Zhang & Li, 2024).

Es posible aumentar la eficiencia de conversión hasta más del 10 % mejorando los procesos de depósito (Zhang & Li, 2024). Aunque la eficiencia es baja en comparación con el perovskita o CdTe, su bajo coste, simplicidad de fabricación, y su estabilidad química y térmica (Mavlonov et al., 2020) las convierten en una opción prometedora.

Tabla comparativa de tecnologías

La **Tabla 1** muestra una comparativa de las tecnologías de celdas solares de película delgada descritas versus las tradicionales de silicio.

Tabla 1. Comparativa de tecnologías de celdas solares.

Tecnología	Material	Eficiencia	Método de fabricación	Costo	Aplicaciones	Desafíos
Silicio	Silicio monocristalino, policristalino.	27 % (monocristalino) 16 % (policristalino).	Corte de obleas, dopado y ensamblaje.	Medio.	Techos solares, granjas solares.	Altos costos y complejidad.
Perovskita	Haluros orgánicos-inorgánicos.	25 %.	Solución procesada, cristalización asistida.	Bajo.	Celdas flexibles, tándem, portátiles.	Estabilidad a largo plazo, durabilidad.
CdTe	Telururo de cadmio.	25 %.	CSS, sputtering, depósito químico.	Bajo.	Alta eficiencia a espesores muy delgados.	Toxicidad y escasez del Cd.
Sb ₂ Se ₃	Seleniuro de antimonio.	10 %.	CSS, sputtering.	Bajo.	Aplicaciones en ambientes adversos.	Incrementar eficiencia.

El Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mérida, desarrolla un proyecto en colaboración con el Laboratorio LANNBio-Área de Microscopía Electrónica de Barrido, de la Unidad Mérida CINVESTAV-IPN, para fabricar CSPD de Sb²Se³ con técnicas de CSS y sputtering.

Aunque las eficiencias reportadas aún son modestas en comparación con otras tecnologías, la alta estabilidad y bajo costo, son razones que justifican continuar investigando sobre ellas.

Referencias

- Chen, X., Shu, X., Zhou, J., et al. (2024). Additive engineering for Sb₂Se₃ indoor photovoltaics with efficiency exceeding 17%. *Light Sci. Appl.*, 13, 281 <https://doi.org/10.1038/s41377-024-01620-0>.
- Di Sabatino, M., Hendawi, R., & García, A. S. (2024). Silicon Solar Cells: Trends, Manufacturing Challenges, and AI Perspectives. *Crystals*, 14(2), 167. <https://doi.org/10.3390/cryst14020167>
- Escalante, M. F. (2024). Propiedades morfológicas y estequiométricas de películas delgadas de Sb₂Se₃ obtenidas por el método CSS para aplicación en celdas solares. Tesis de Maestría. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mérida.
- Hosen, R., Sikder, S., Uddin, S., Haque, M., Mamur, H., & Bhuiyan, M.R.A. (2023). Effect of various layers on improving the photovoltaic efficiency of Al/ZnO/CdS/CdTe/Cu₂O/Ni solar cells. *Journal of Alloys and Metallurgical Systems*, Volume 4.
- Mavlonov, A., Razykov, T., Raziq, F., Gan, J., Chantana, J., Kawano, Y., Nishimura, T., Wei, H., Zakutayev, A., Minemoto, T., Zu, X., Li, S., & Qiao, L. (2020). A review of Sb₂Se₃ photovoltaic absorber materials and thin-film solar cells. *Solar Energy*, 201, 227-246. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.03.009>.
- Peña, J. L., Hernández, L., & Rejón, V. (2013). Improved Cu/Mo back contact for CdS/CdTe solar cells. 2013 IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 1165-1167.
- Rejón, V., Mis-Fernández, R., Hernández-Rodríguez, E., Riech, I., & Peña, J. L. (2015). The CdS/CdTe solar cells with reactively sputtered a-MoO_x/Mo back contact. 2015 IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), pp.1-3. <https://doi.org/10.1109/PVSC.2015.7355891>
- Riech, I., Peña, J. L., Ares, O., Ríos-Flores, A., Rejón-Moo, V., Rodríguez-Fragoso, P., & Mendoza-Álvarez, J. G. (2012). Effect of annealing time of CdCl₂ vapor treatment on CdTe/CdS interface properties. *Semiconductor Science and Technology*, 27(4), 045015. <https://doi.org/10.1088/0268-1242/27/4/045015>
- Saki, Z., Byrnavand, M. M., Taghavinia, N., Kedia, M., & Saliba, M. (2021). Solution-processed perovskite thin-films: The journey from lab- to large-scale solar cells. *Energy & Environmental Science*, 14(11), 5690-5722. <https://doi.org/10.1039/D1EE02018H>
- Scarpulla, M.A., et al. (2023). CdTe-based thin film photovoltaics: Recent advances, current challenges and future prospects. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2023.112289>
- Sivaraj, S., Rathanasamy, R., Kaliyannan, G. V., Panchal, H., Jawad Alrubaie, A., Musa Jaber, M., Said, Z., & Memon, S. (2022). A Comprehensive Review on Current Performance, Challenges and Progress in Thin-Film Solar Cells. *Energies*, 15(22). <https://doi.org/10.3390/en15228688>
- Tai, Y., Zhang, X., Li, J., Zheng, Y., Liu, G., Zhang, J., Zeng, G., Yakubov, K., & Alla, Ch. (2024). Research on ultra-thin cadmium telluride heterojunction thin film solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114996>
- U.S. Department of Energy (DOE) (Departamento de Energía de los Estados Unidos. (2022). Solar Photovoltaics. Supply Chain Deep Dive Assessment. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/Solar%2520Energy%2520Supply%2520Chain%2520Report%2520-%2520Final%5B1%5D.pdf>
- Wu, T., Qin, Z., Wang, Y., Wu, Y., Chen, W., Zhang, S., Cai, M., Dai, S., Zhang, J., Liu, J., Zhou, Z., Liu, X., Segawa, H., Tan, H., Tang, Q., Fang, J., Li, Y., Ding, L., Ning, Z., & Han, L. (2021). The Main Progress of Perovskite Solar Cells in 2020–2021. *Nano-Micro Letters*, 13(1), 152. <https://doi.org/10.1007/s40820-021-00672-w>
- Zhang, J., & Li, S. (2024). The Effect of Deposition Time Optimization on the Photovoltaic Performance of Sb₂Se₃ Thin-Film Solar Cells. *Energies*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/en17081937>
- [org/10.1016/j.solmat.2023.112289](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2023.112289)

SIG Participativo y el Programa Aprender Sirviendo: tecnología y comunidad para la sostenibilidad

Autores:

Alfonso Cuevas-Jiménez, María Luisa Isla Esquivel y
Abril Natalí Ramírez Vadillo

Correo de contacto:

acuevas@marista.edu.mx

Palabras clave:

Sistema de Información Geográfica, Cartografía participativa,
Programa Aprender Sirviendo, Desarrollo sostenible.

Introducción

Las áreas de conservación como parques nacionales, reservas naturales o territorios protegidos, desempeñan un papel crucial para preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, tales como la regulación climática, el ciclo del agua y la provisión de recursos naturales. Sin embargo, el manejo para el desarrollo sostenible de estas áreas confronta a sus habitantes a diversos desafíos como la conservación de la biodiversidad, la salud del acuífero y la soberanía alimentaria, los cuales, con la información oportuna y herramientas adecuadas, contribuyen con las soluciones para una gestión eficaz. Los sistemas de información geográfica (SIG) con participación comunitaria pueden jugar un papel preponderante para lograr los objetivos de conservación para la sostenibilidad (Risler y Ares 2013, Sarabia-Ramos et al., 2021, Smith et al., 2012).

Dentro de los programas y proyectos de responsabilidad social, la Universidad Marista de Mérida (UMM), ha implementado el Programa Aprender Sirviendo (PAS) en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Reserva Cuxtal, que es uno de los escenarios en los que

tiene presencia. Las principales características del programa son (i) el protagonismo de los estudiantes en el diseño, la implementación y la evaluación de las experiencias aprender-sirviendo, (ii) la articulación de éstas con contenidos y competencias propias de su formación profesional y con las características del contexto y las situaciones sociales específicas en las que se desarrollan, así como (iii) la orientación del servicio hacia la promoción de reflexiones y acciones críticas que se orienten a la identificación y atención de cambios necesarios que promuevan la transformación social. Estas características suceden de manera colaborativa con grupos comunitarios involucrados directamente en contextos locales (Isla y Pacheco, 2023; Vallaes, 2019).

Los SIG con participación comunitaria en el marco del Programa Aprender Sirviendo, constituyen una experiencia de aprendizaje situado, promoviendo una gestión sostenible en un área natural protegida, a través de la formación de profesionales capaces de participar activamente en la construcción de una sociedad más justa, responsable, respetuosa y solidaria.



Desarrollo

Los estudiantes de la asignatura de SIG de la licenciatura en Administración de Recursos Naturales de la UMM han puesto en práctica sus conocimientos en técnicas de cartografía participativa para identificar las principales amenazas que afectan a las comunidades de Dzoyaxché, Molas y San Ignacio Tesip, ubicadas dentro de la Reserva Ecológica Cuxtal (Figuras 1, 2 y 3). Este ejercicio se enfocó en problemas ambientales y sociales que ponen en riesgo la soberanía alimentaria de estas localidades. Durante el estudio de campo, con la participación de las comunidades, se identificaron amenazas tales como inundaciones, incendios, mal manejo de residuos sólidos y deforestación.

Los resultados de la información proporcionada por la comunidad y la evidencia cartográfica disponible permitieron diseñar mapas de riesgo detallados que clasifican las amenazas según su magnitud y localización. Los mapas fueron presentados en impreso y digital a la comunidad para validarlos fortaleciendo la capacidad de las comunidades en la toma de decisiones (Figuras 4 y 5). Además, este proceso fomenta la gobernanza comunitaria y empodera a los pobladores con habilidades técnicas y herramientas de gestión territorial como la preparación de talleres participativos para comunicación y acuerdos. Se identificaron 35 unidades de producción (agrícola, ganadera y apícola) y 38 viviendas ubicadas en áreas con algún nivel de riesgo, mediante un trabajo colaborativo entre miembros de la comunidad, estudiantes universitarios y bajo la supervisión de profesores.

Los mapas que se prepararon representan datos que combinan diferentes conocimientos en un lenguaje cartográfico común. Este enfoque produce información espacial valiosa y permite una mejor comprensión del territorio desde la perspectiva local. La participación de la comunidad en el proceso también robustece la posibilidad de que se propongan y apliquen

soluciones viables.

Este ejercicio académico resalta la importancia de integrar la formación universitaria con acciones comunitarias, abordando problemas complejos como la soberanía alimentaria y la conservación de recursos naturales. Estas experiencias generan impactos bidireccionales: las comunidades se beneficiaron de propuestas de soluciones prácticas basadas en información confiable, mientras que los estudiantes adquieren una visión integral y orientada al cambio para la sostenibilidad, colocando al centro a las personas. En conjunto, ambos enfoques destacan la importancia de integrar tecnología, conocimiento local y acción comunitaria, fomentando la formación de profesionales comprometidos con la sostenibilidad y la transformación social.

Conclusiones

Acorde con Saravia-Ramos y colaboradores (2021), observamos que, para el conocimiento generado, producto del análisis de información integrada, fue fundamental contar con el diálogo horizontal y la interdisciplina. Los logros se debieron a la condición colectiva, situada y creativa que permite construir una visión compartida del territorio. Entre los logros alcanzados, la comunidad reconoció con mayor precisión las características de su territorio, las ventajas y oportunidades de estar en una reserva de conservación e iniciar una agenda pública para ser presentada a autoridades públicas.

La participación de la comunidad en la elaboración de materiales cartográficos produce información espacial muy valiosa y permite una mejor comprensión del territorio con las perspectivas locales, que, combinado con el programa Aprender Sirviendo de la UMM, fomenta el desarrollo sostenible. Esta combinación de métodos académicos contribuye directamente a la formación de profesionales y ciudadanos con responsabilidad social y ambiental.



Figura 1. Cartografía participativa entre estudiantes y miembros de la comunidad de Molas.



Figura 2. Cartografía participativa entre estudiante y miembros de la comunidad de Dzoyaxché.



Figura 3. Cartografía participativa entre estudiantes y miembros de la comunidad de San Ignacio Tesip.



Figura 4. Mapa de riesgos de Molas, resultado del trabajo participativo.



Figura 5. Mapa de riesgos de San Ignacio Tesip, resultado del trabajo participativo

La implementación del programa es una oportunidad formativa que trasciende las aulas, conectando las capacidades científicas y tecnológicas universitarias con el conocimiento local para generar un impacto real y sostenible. En el caso del proyecto en la Reserva Ecológica Cuxtal, sobre la identificación de amenazas a la soberanía alimentaria, el PAS ha demostrado ser una

combinación de metodologías que promueve el empoderamiento tanto de comunidades como de futuros profesionales. Este enfoque refuerza el compromiso de la Universidad con la construcción de un futuro más justo, sostenible y equitativo, mostrando que la educación es un motor de transformación social.



Agradecemos el apoyo logístico y académico a los profesores Carolina Cuanalo, Beatriz Chi, Guillermo Alonso y Javier Aranda.

Referencias

- Isla, M.L. y Pacheco, D. (2023). El Programa Aprender Sirviendo en su tránsito hacia la generación de procesos de transformación social. RIDAS, Revista Iberoamericana de Aprendizaje-Servicio, 15, 59-85. Doi10.1344/RIDAS2023.15.3
- Risler, J. y Ares, P. (2013). Manual de mapeo colectivo: Recursos cartográficos críticos para procesos territoriales de creación colaborativa. 1a ed. Tinta Limón. Buenos Aires.
- Saravia-Ramos, P., Vega-Valdés, D., Espinoza-Almonacid, L. y Gutiérrez-Soto, P. (2021). Investigación colaborativa: potencialidades y limitaciones de la cartografía social participativa. Íconos, Revista de Ciencias Sociales, 35 (71), 59-80. <https://dx.doi.org/10.17141/iconos.71.2021.4834>.
- Smith, D.A., Herlihy, P.H., Ramos Viera, A., Kelly, J.H., Hilbum, A.M., Aguilar Robledo, M. y Dobson, J.E. (2012). Using Participatory Research Mapping and GIS to Explore Local Geographic Knowledge of Indigenous Landscapes in Mexico. American Geographical Society's Focus on Geography, 55(4), 119-124.
- Vallaeys, F. (2019). Responsabilidad Social Universitaria: El Modelo URSULA, estrategias, herramientas, indicadores. Editorial Unión de Responsabilidad Social Universitaria Latinoamericana. 154p.

Los límites de la ciencia

Autor:

Dr. Luis Alberto García Domínguez

Correo de contacto:

lgarcia@modelo.edu.mx

Palabras clave:

Ciencia, Conocimiento, Epistemología, Falsabilidad, Filosofía.

**La discusión de lo científico**

Con la intención de articular un esfuerzo integrador de las diferentes posturas epistemológicas que han aportado a la delimitación de la ciencia en el siglo pasado y con el riesgo de incurrir en el mismo abismo interpretativo en el que los más avezados se detuvieron, el presente escrito es una brevísima síntesis del devenir que ha acercado la definición de los límites de lo que hasta ahora se ha identificado como el conocimiento cierto de las cosas por sus causas.

Empezar la discusión con la aportación que Sigmund Freud realizó a la comunidad científica, parece fomentar la confusión de una narrativa que inicia con una contribución que durante el siglo XX fue cuestionada por su falta de rigor metodológico. Justamente a partir de los postulados de este neurólogo y del desarrollo de lo que en los albores de ese siglo se esbozaba como ciencia, fue que diversos críticos de la llamada psicología analítica encontraron un fecundo nicho de debilidades epistemológicas para cuestionar un discurso

basado en interpretaciones unilaterales que, si bien proveían de un incipiente marco referencial, confiaban a la subjetividad del profesional del comportamiento el éxito de la estrategia terapéutica



Figura 1.



Esta contribución a la psicología, aún cuando ha tenido un cúmulo de seguidores, generó igualmente cuestionamientos derivados de la subjetividad interpretativa y la carencia de un método empíricamente verificable, que diera las certezas que la ciencia positivista había exigido para la gestación del conocimiento, independientemente de su campo de acción.

Los integrantes del Círculo de Viena, un grupo científico y filosófico formado por el austriaco Moritz Schlick en 1921, cuya finalidad fue la conformación de un lenguaje común para todas las ciencias, tuvo en la lógica de la ciencia una base para la concepción del mundo y a partir de ella, la distinción de lo científico y lo metafísico. Esta pudo ser la primera postura crítica de lo que en ese momento histórico estaba enardecido la labor académica y un primer esfuerzo por delimitar las fronteras de lo científico y lo no científico.

La falsabilidad de Karl Popper



Figura 2.

A la par del Círculo de Viena, Karl Popper, considerado como el primer gran filósofo de la ciencia del siglo XX, postuló que las teorías de las ciencias empíricas deben tener como propiedad la falsabilidad, bajo la cual se afirma que una teoría científica debe poder ser contrastada a través de la experiencia.

Un ejemplo de aplicación de este criterio pudiera partir de la Ley de la Impenetrabilidad que establece que dos cuerpos no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo; por tanto, si se llegara a encontrar que dos cuerpos ocupan un mismo espacio, entonces tendría que modificarse la ley. Esto permite asegurar que la ley es falsable y se enmarca en una disciplina científica.

La aportación de Popper constituyó una gran contribución a la delimitación de lo científico, estableciendo una distinción entre la ciencia y la pseudociencia. “El criterio de falsabilidad es, sin duda alguna, el aporte más significativo de Popper; con este criterio se sustituye el principio de verificación de los neopositivistas, dando un giro considerable al método científico” (Elías, Retamoso, Cruz, y Murgueitio, 2007, p.155).

Las revoluciones científicas de Thomas Kuhn

Por su parte, Thomas Kuhn, filósofo e historiador de la ciencia, transformó la comprensión del desarrollo científico con su idea de los cambios de paradigma, sugiriendo que la ciencia no sigue un camino lineal o acumulativo, sino que avanza a partir de rupturas abruptas que él mismo denominó “revoluciones científicas”.

La ciencia, decía Kuhn, camina dentro de marcos teóricos dominantes denominados paradigmas, afirmando que la verdad científica no es estática ni absoluta. Lo que fue sintetizado por Imre Lakatos al tratar de armonizar la perspectiva revolucionaria de Kuhn con el racionalismo crítico de Popper, presentando una visión de la ciencia donde el progreso se mide por la habilidad de los programas de investigación para producir predicciones y avances sólidos, sin desechar de manera inmediata las teorías principales frente a las anomalías.



El anarquismo de Paul Feyerabend

Fue quizá Paul Feyerabend, el primer historiador de la ciencia que se atrevió a cuestionar los alcances y posibilidades del conocimiento científico, argumentando para ello que los grandes avances en la generación del conocimiento no atendieron rigurosamente los patrones que la ortodoxia científica había impuesto para sus seguidores, sino que fueron producto de una disrupción epistemológica que en su momento desafió profundamente las concepciones tradicionales.

Ante ello, el propio Feyerabend señalaba: “Una ciencia basada en la ley y el orden, solo tendrá éxito si permite que se den pasos anarquistas ocasionales” (Feyerabend, 1975, p. 12).

Las discrepancias en las posturas de estos filósofos, no hacen sino exponer una parte de la suma de narrativas que se han expuesto entorno al conocimiento científico, a sus posibilidades de generación, áreas de interés, enfoques metodológicos y alcance para la solución de los problemas que han aquejado a la humanidad en el último siglo.



Figura 3

“...en la ciencia un paradigma rara vez es un objeto que se pueda replicar. Por el contrario, es un objeto que debe articularse y especificarse ulteriormente en condiciones nuevas o más rigurosas, al modo de una decisión judicial aceptada que sienta precedente” (Kuhn, 1971, p. 52).

Debates y desafíos actuales

A la ciencia se le han atribuido los más importantes avances del siglo XX; previo a la llegada de la postmodernidad, ha sido una herramienta poderosa para expandir el conocimiento humano y transformar a la sociedad, sin embargo, sus alcances también tienen límites que se hacen evidentes en posturas reduccionistas que intentan explicar fenómenos complejos, exclusivamente a partir de algunos de sus componentes; científicos, que le atribuyen ser la única fuente válida de conocimiento; así como su dependencia económica que le hace estar influenciada por diversos intereses, lo que puede sesgar las prioridades de investigación hacia aquello que es rentable o estratégicamente ventajoso, dejando de lado cuestiones éticas o

necesidades humanas más urgentes.

Actualmente, existen discrepancias respecto del alcance de la ciencia en diversos entornos, como puede ser la salud, en donde se debaten dilemas morales relacionados con la manipulación genética, la aplicación de vacunas o el uso de la inteligencia artificial en seres humanos.

En el entorno político se discute sobre si las decisiones deben basarse exclusivamente en evidencia científica o considerar también valores sociales y culturales, como por ejemplo, el uso de la ciencia para el desarrollo de ciertos cultivos; y por último, en el propio entorno científico, en donde se cuestiona la responsabilidad de los investigadores en cuanto al uso que se le da a sus descubrimientos en diversos escenarios como el militar.

“La postmodernidad es la alternativa a la modernidad, cuya última manifestación —la Ilustración decimonónica— se ha prolongado de alguna forma hasta finales del siglo XX, paralelamente al ascenso de la burguesía al poder y a la hegemonía del capital” (Colom, 1997, p. 9).



Aunque la ciencia posee una capacidad notable para producir conocimiento y solucionar problemas, es importante admitir que no puede cubrir todos los aspectos de la realidad y que su progreso está influido por elementos externos que restringen su habilidad para buscar permanentemente el bienestar general.

Sobrevalorar a la ciencia puede generar una imagen distorsionada de su alcance, pues

finalmente son las personas, con su esfuerzo, voluntad, conocimiento y en algunos casos fortuna, quienes han impulsado los grandes cambios sociales, utilizando a la ciencia como uno de sus instrumentos, lo que obliga a pensar entonces en algunos interrogantes, tales como: ¿cuál es el papel que jugará la ciencia en un futuro cercano? y ¿cuáles serán sus límites, particularmente en investigaciones que impliquen dilemas éticos o sociales?

Referencias

Colom, A. (1997) Postmodernidad y educación. Fundamentos y perspectivas.

75769-Text%20de%20l'article-96532-1-10-20071128.pdf

Elías, C., Retamoso, G., Cruz, J. y Muergueitio, M. (2007) Karl R. Popper Génesis de una Teoría Educativa. Civilizar. Ciencias Sociales y Humanas, vol. 7, núm. 12, enero-junio, 2007, pp. 151-169 Universidad Sergio Arboleda Bogotá, Colombia. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=100220305011>

Feyerabend, P. (1975) Tratado contra el método. Editorial Tecnos.

Kuhn, T. (1971) La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de cultura económica.

Innovación en la educación de lenguas indígenas a través de la IA

**Autor:**

Alejandro Molina Villegas

Correo de contacto:

amolina@centrogeo.edu.mx

Palabras clave:

Inteligencia Artificial, Procesamiento de Lenguaje Natural, Lingüística computacional, Lengua Maya

Las lenguas indígenas son portadoras de conocimientos ancestrales, culturas vibrantes y visiones únicas del mundo. Sin embargo, la desaparición de un importante número de lenguas indígenas en México es un fenómeno complejo y multifactorial, estrechamente ligado a la discriminación y marginación que han sufrido históricamente sus hablantes. Un factor que ha recibido poca atención es la falta de inclusión de estas lenguas en el ámbito digital.

En este contexto, en el Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo), estamos desarrollando varios proyectos que aprovechan la Inteligencia Artificial (IA) para procesar el maya yucateco. Un ejemplo destacado es el proyecto **T'aantsil**¹, que está creando un corpus lingüístico del maya y un motor de búsqueda similar a YouTube, pero diseñado específicamente para procesar esta lengua indígena de México. Este es el primer motor de búsqueda en su tipo que tiene en cuenta las características únicas del maya, como su fonética, la cual requiere algoritmos adecuados para su procesamiento (Molina A., 2024). Integrar el maya en tecnologías actuales es crucial para nuestro

país y, especialmente para la península de Yucatán, ya que muchas herramientas digitales que usamos a diario aún no están disponibles para lenguas indígenas. Por ejemplo, no hay teclados predictivos en móviles, motores de búsqueda (como Google), asistentes de voz (como Alexa), correctores ortográficos y gramaticales (como Grammarly), traductores automáticos, sistemas de recomendación de contenido, analizadores de sentimientos en redes sociales o *chatbots* en lenguas indígenas. Como coorganizadores del certamen internacional **AmericasNLP 2024**², nos enorgullece anunciar que estamos innovando en la creación de materiales educativos para el maya mediante técnicas de IA. Este proyecto representa un avance significativo gracias al trabajo colaborativo de un equipo excepcional de científicos de la computación y al apoyo de instituciones líderes en tecnología, como Amazon AWS AI y Google DeepMind. En colaboración con hablantes nativos y expertos en tecnología, estamos desarrollando modelos de IA que pueden generar automáticamente materiales educativos en bribri, maya y guaraní. A través de esta iniciativa, invitamos a la comunidad global de investigadores en

¹ <https://taantsil.com.mx/info>

² https://turing.iimas.unam.mx/americasnlp/2024_st_2.html

Ciencias de la Computación a contribuir con soluciones innovadoras que apoyen la enseñanza y el aprendizaje de estas lenguas. Aunque aún hay mucho por mejorar, los resultados de esta primera edición han sido sorprendentes y muestran el potencial de la inteligencia artificial para tener un impacto positivo en la preservación de idiomas minoritarios.

Durante el certamen AmericasNLP, los participantes recibieron un conjunto de datos con oraciones base, junto con indicaciones específicas sobre las transformaciones que

se esperaban que los sistemas de cómputo realizaran en cada oración. Los sistemas debían transformar la oración base en una oración objetivo según el cambio indicado. En el ejemplo de la Figura 1, se muestra una frase en maya en primera persona del singular y la frase transformada a primera persona del plural (en los ejemplos se proporcionó la traducción al inglés para facilitar la comprensión de los participantes, pero en el certamen, los datos se entregaron únicamente en maya).

Original Sentence:
 J-jaan en tin najil (1s)
tr. I ate at my home.

Transformed Sentence:
 J-jaano'ob tu najil (1p)
tr. We ate at his/her/their house.

Using that pair of sentences, we could come up with the grammar exercise below.

Exercise 1. Transform the following sentence to first-person plural:
 J-jaan ____ najil
 a) béet u
 b) o'ob tu
 c) o tin
 d) o'ob janal

Figura 1. Ejemplo de un sistema de generación automática de materiales educativos para lengua maya.

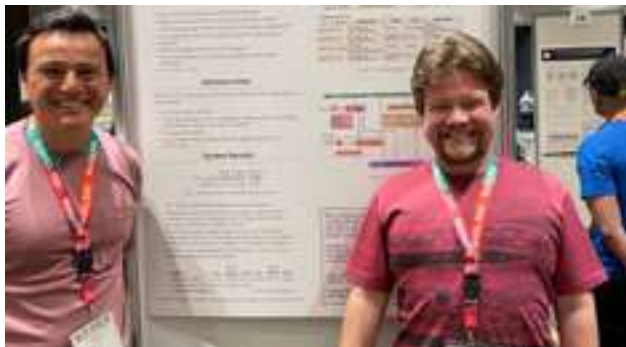


Figura 2. Arturo Martínez Peguero (Izq.) y Justin Vasselli del Nara Institute of Science and Technology ganadores del certamen internacional Americas NLP 2024 en la tarea de generación automática de materiales educativos en maya.



Figura 3. Alejandro Molina, investigador de CentroGeo durante la presentación del sistema T'aantsil: la plataforma del corpus maya (<https://taantsil.com.mx>) durante La Cumbre de Activismo Digital de Lenguas Mayenses organizada por Global Voices.

Los participantes debían programar sistemas que, mediante técnicas de IA, pudieran aprender patrones de los datos en maya y generar ejercicios educativos. Los sistemas fueron evaluados utilizando métricas especializadas para algoritmos de aprendizaje automático. Los participantes pudieron competir en tantos idiomas como quisieran, y los sistemas para cada idioma se evaluaron por separado, además de calcularse una puntuación promedio general para determinar al ganador de la tarea compartida. El primer lugar, para el maya, fue obtenido por un equipo del Nara Institute of Science and Technology de Japón, que contó con la colaboración de un integrante mexicano (Figura 2); los detalles de la propuesta del equipo ganador pueden consultarse en Vasselli et al. (2024).

Esta iniciativa es especialmente relevante

debido a la falta de oferta educativa integral en maya. Actualmente, no es posible cursar certificaciones oficiales por niveles en marcos estandarizados (como A1, A2, B1, B2) debido a la inexistencia de materiales educativos adecuados.

Este es solo el comienzo. Invitamos a todos los interesados en la intersección de la tecnología, la lingüística y la educación a explorar nuestros hallazgos y a unirse a este movimiento de innovación y preservación cultural. Juntos, podemos empoderar a las comunidades indígenas y asegurar que sus lenguas continúen floreciendo en el siglo XXI. ¡Descubre cómo estamos utilizando la IA para construir un futuro más inclusivo y diverso! Lee el artículo completo aquí: (<https://aclanthology.org/2024.americasnlp-1.27/>).

Referencias

- ② Molina-Villegas, A. (2024, in press). Mayasoundex: A Phonetically Grounded Algorithm for Information Retrieval in the Maya Language. LatinX in Natural Language Processing Research Workshop 2024, Mexico City. https://s3.amazonaws.com/pf-user-files-01/u-59356/uploads/2024-05-30/ow13q59/poster_NAACL_LXNLP_2024_mayasoundex.pdf
- ② Luis Chiruzzo, Pavel Denisov, Alejandro Molina-Villegas, Silvia Fernandez-Sabido, Rolando Coto-Solano, Marvin Agüero-Torales, Aldo Alvarez, Samuel Canul-Yah, Lorena Hau-Ucán, Abteen Ebrahimi, Robert Pugh, Arturo Oncevay, Shruti Rijhwani, Katharina von der Wense, and Manuel Mager. 2024. Findings of the AmericasNLP 2024 Shared Task on the Creation of Educational Materials for Indigenous Languages. In Proceedings of the 4th Workshop on Natural Language Processing for Indigenous Languages of the Americas (AmericasNLP 2024), pages 224–235, Mexico City, Mexico. Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2024.americasnlp-1.27/>
- ② Justin Vasselli, Arturo Martínez Peguero, Junehwan Sung, and Taro Watanabe. 2024. Applying Linguistic Expertise to LLMs for Educational Material Development in Indigenous Languages. In Proceedings of the 4th Workshop on Natural Language Processing for Indigenous Languages of the Americas (AmericasNLP 2024), pages 201–208, Mexico City, Mexico. Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2024.americasnlp-1.24/>
- ② Impreso. Se podría navegar en maya en la web. (2024, 7 de abril). Diario de Yucatán. <https://www.yucatan.com.mx/imagen/2024/04/07/se-podria-navegar-en-maya-en-la-web.html>

Rehabilitación del robot humanoide Darwin OP2

Autores:

Fernando Rodríguez Zapata, Roberto Carlos Gamboa Ek, Lucero P. Damián Adame

Correo de contacto:

lucero.damian@upy.edu.mx, 2009118@upy.edu.mx

Palabras clave: Robot Humanoide, ROS 2, Gazebo, simulación, rehabilitación.

El campo de la robótica humanoide, como el nombre sugiere, se centra en el desarrollo de robots que guardan similitudes con los humanos en su morfología, habilidades y comportamiento. Sin duda, la locomoción en dos extremidades es uno de los rasgos y retos principales en ello.

Darwin Open Platform 2, comercialmente conocido como Darwin OP2, desarrollado por la empresa coreana Robotis, es un robot dinámico

con diseño antropomórfico, autónomo, de plataforma abierta, poder computacional avanzado, sensores sofisticados, alta capacidad de carga y habilidad dinámica de movimiento, que lo convierten en ideal para permitir una amplia gama de actividades de investigación, educación y divulgación. Darwin, como simplemente se le suele llamar, tiene una velocidad de caminata de 24 centímetros por segundo y forma parte de la Universidad Politécnica de Yucatán desde 2017.



Fig. 1. Darwin OP2-Robotis. Adquirido por la UPY en 2017.

Recientemente presentó dificultades de operación de *software* que impedían realizar pruebas físicas para validar la precisión del comportamiento de caminata simulada. Sin la capacidad de realizar estas pruebas, no puede ser verificada la fidelidad de los resultados simulados, lo que dificulta el progreso en la comprensión de los patrones de locomoción y el desarrollo de algoritmos de control avanzados. Esta limitación no solo afecta la posibilidad de desarrollar investigación, sino que también impacta el aspecto educativo de la universidad.

Derivado de esto, se realizaron dentro del periodo de estadía del autor principal, varias acciones para rehabilitarlo al punto de funcionamiento de origen.

El primer paso fue realizar un diagnóstico profundo de los sistemas mecánicos y electrónicos, así como la verificación de la funcionalidad de los componentes de *software*

necesarios, compatibilidad y estabilidad. Posteriormente se desarrolló la simulación de marcha.

Inspección y rehabilitación física del robot

Con respecto al funcionamiento del robot físico, la primera revisión en abordar fue el estado de la fuente de poder. Una vez verificado que cubría los requerimientos y recomendaciones del robot, este fue conectado y encendido. En esa etapa fue muy importante validar que los indicadores de cada fase revelaran el encendido y/o activación adecuada.

El siguiente paso fue acceder a la computadora del robot y valorar su estado, donde se detectó un posible problema de *hardware* con sospecha de ser el puerto de entrada o sistemas subsecuentes, por lo que se llevó a cabo una revisión meticulosa y cuidadosa con equipo especializado para su valoración (Fig. 1).



Fig. 2. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Primer acceso a la computadora de Darwin y verificación física meticulosa, soldadura del puerto de entrada HDMI mini.

Ya que fue superada la parte de acceso a la computadora, se reconocieron las paqueterías instaladas, mismas que también fueron verificadas y actualizadas según correspondió. Luego de que fuera confirmada la funcionalidad de las paqueterías, el siguiente paso fue reevaluar qué componentes estaban funcionando y de qué manera. Para lograr esto, se utilizaron comandos específicos que

nos ayudaron a activar los archivos y tópicos originales. Adicionalmente fue establecida una Interfaz Gráfica de Usuario o GUI, mejorando la facilidad e intuitividad del control de tópicos y módulos en comparación con la publicación directa de tópicos. Se localizó el archivo demo, que es un ejecutable con los modos principales preestablecidos del robot: fútbol, interactivo y rutina (Fig. 3).



Fig. 3. Pruebas de funcionamiento de módulos.

Para garantizar que el robot imitara fielmente su estado predeterminado desde el inicio, se estableció que el sistema corriera el ejecutable tan pronto como se encendiera, por lo que se estableció un comando específico para este fin. Con este simple comando, el ejecutable emula el comportamiento predeterminado del robot.

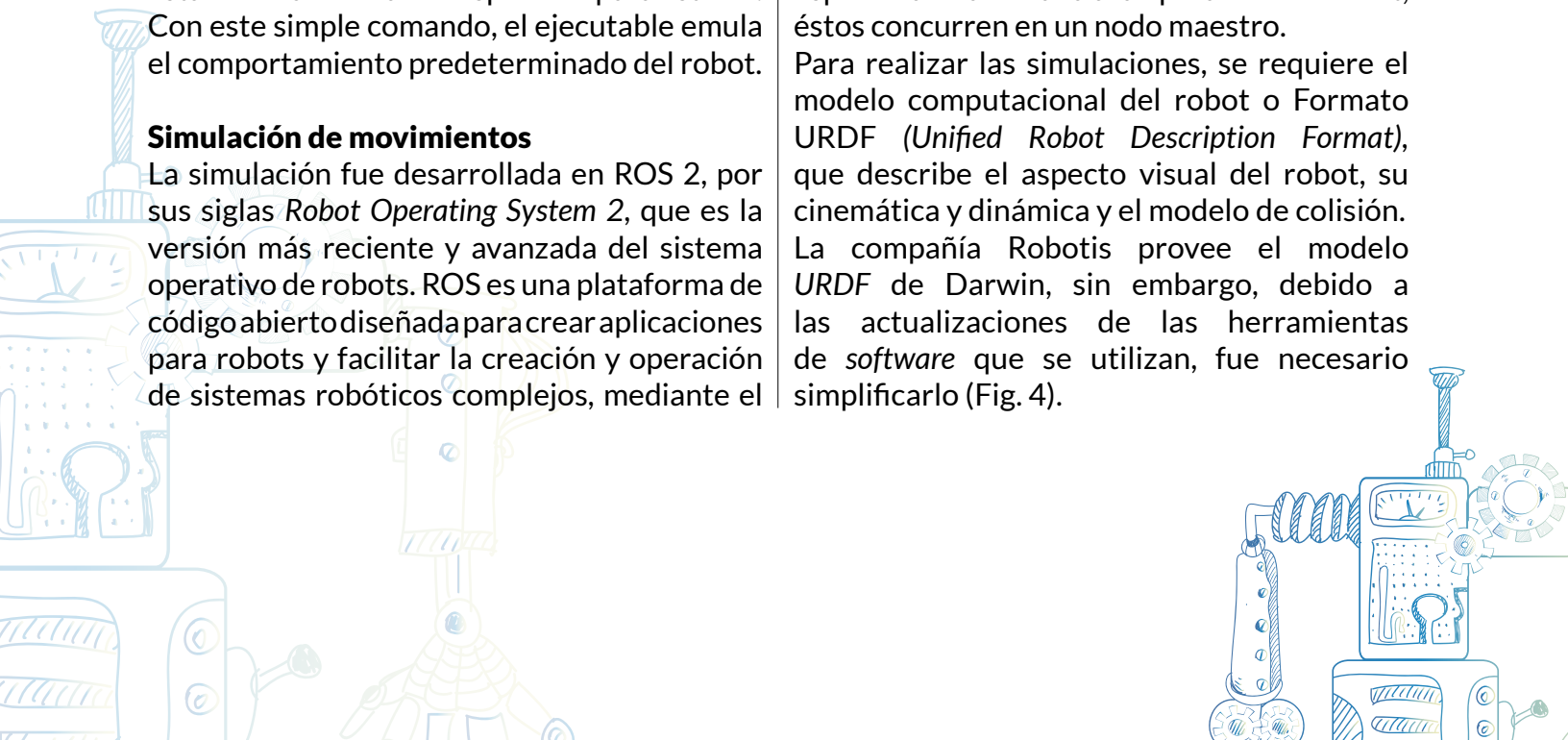
Simulación de movimientos

La simulación fue desarrollada en ROS 2, por sus siglas *Robot Operating System 2*, que es la versión más reciente y avanzada del sistema operativo de robots. ROS es una plataforma de código abierto diseñada para crear aplicaciones para robots y facilitar la creación y operación de sistemas robóticos complejos, mediante el

uso de diferentes librerías y herramientas de visualización, comunicación y más.

En ROS se conectan diferentes nodos o subprogramas que ejecutan una tarea específica relacionada a la operación del robot, éstos concurren en un nodo maestro.

Para realizar las simulaciones, se requiere el modelo computacional del robot o Formato URDF (*Unified Robot Description Format*), que describe el aspecto visual del robot, su cinemática y dinámica y el modelo de colisión. La compañía Robotis provee el modelo URDF de Darwin, sin embargo, debido a las actualizaciones de las herramientas de *software* que se utilizan, fue necesario simplificarlo (Fig. 4).



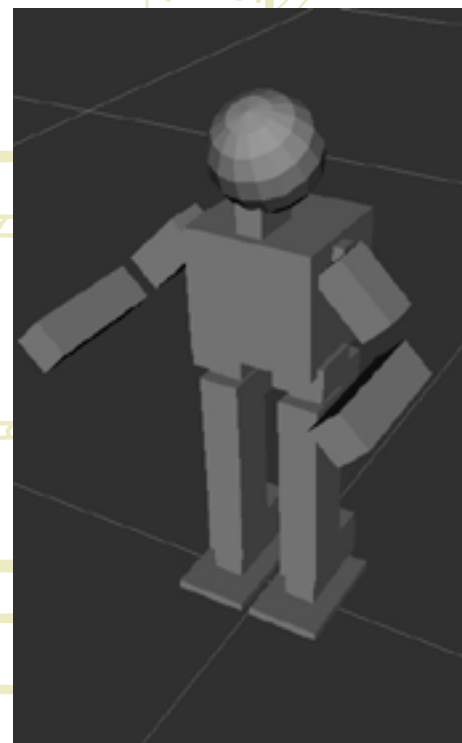


Fig. 4. URDF Robotis y URDF simplificado.

se instalaron las herramientas necesarias para este fin.

Para facilitar la interacción y configurar nuevas posiciones de una manera más sencilla e intuitiva, se instaló la interfaz gráfica Move IT2 (Fig. 5).

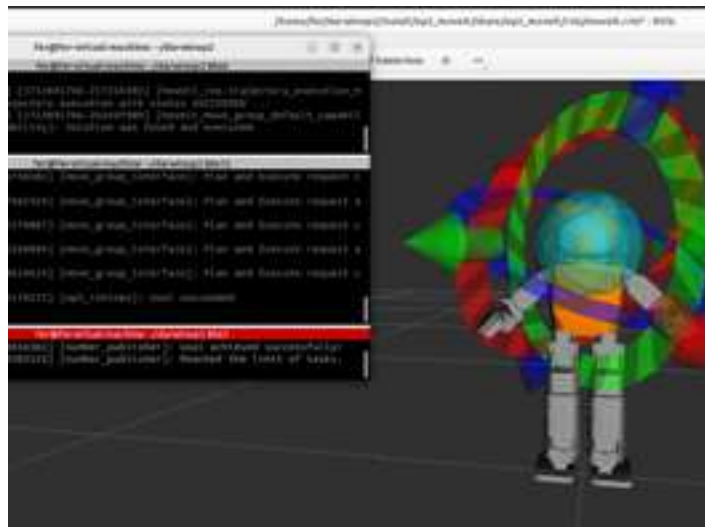


Fig. 5. Control y rutina con Move IT2.

Para el desarrollo de la rutina de marcha, todos los valores y propiedades fueron revisados y ajustados nuevamente. Gracias a que fue facilitado un paquete generador de marcha

existente, que ya involucra la matemática y cinemática compleja inherente a esta tarea, la rutina fue lograda de manera óptima y con un ahorro de tiempo conveniente.

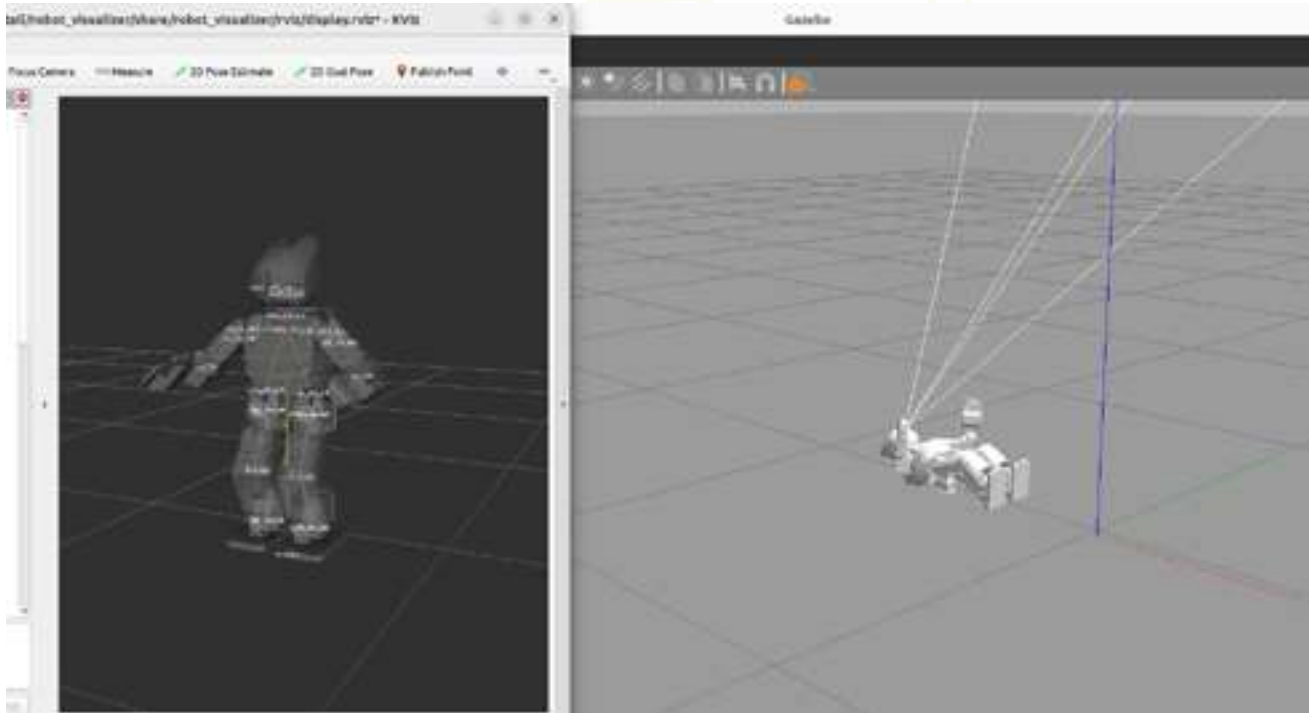


Fig. 6. Control de marcha en Gazebo.

El proceso descrito muy brevemente aquí, significó nuevos desafíos a cada paso, los cuales fueron abordados uno a uno detalladamente con investigación y apoyo del personal docente de la universidad, a quienes se agradece su

colaboración.

Con estas configuraciones finales, el robot quedó más cercano a su configuración por defecto y con un correcto arranque del ordenador.

Referencias

- [1] T. Mikolajczyk, E. Miko lajewska, H.F.N. Al-Shuka, T. Malinowski, A. K lodowski, D.Y. Pimenov, T. Paczkowski, F. Hu, K. Giasin, D. Miko lajewski, et al. Recent advances in bipedal walking robots: Review of gait, drive, sensors and control systems. *Sensors*, 22(12):4440, 2022.
- [2] J.H. Bong, S. Jung, J. Kim, and S. Park. Standing balance control of a bipedal robot based on behavior cloning. *Biomimetics*, 7(4):232, 2022.
- [3] Danu Andrean and Nuryono Widodo. Simulation and implementation of rscud walking robot based on ros and gazebo simulator. *Control Systems and Optimization Letters*, 1(2):93–98, 2023.
- [4] Adan Ramírez, David Muñoz, and Sergio Romero-Hernández. Importance of practical lessons for students of technical and engineering. 2016:302–306, 07 2016.
- [5] J. Elices. Medieval robots? they were just one of this muslim inventor's creations. *National Geographic*, July 2020.
- [6] B. Siciliano and O. Khatib. History of humanoid robots. In A. Goswami and P. Vadakkepat, editors, *Humanoid Robotics: A Reference*. Springer Nature B.V., Naples, Italy and Stanford, CA, USA, 2019.
- [7] K. Harada. Humanoid mechanism and design. In A. Goswami and P. Vadakkepat, editors, *Humanoid Robotics: A Reference*. Springer Nature B.V., Osaka, Japan, 2019.
- [8] H. P. Moravec. robot. *Encyclopedia Britannica*, April 2024.
- [9] T. Sugihara. Humanoid kinematics and dynamics. In A. Goswami and P. Vadakkepat, editors, *Humanoid Robotics: A Reference*. Springer Nature B.V., Suita/Osaka, Japan, 2019.

Entre los males del corazón de los yucatecos: el infarto agudo de miocardio

Autores:

Rodrigo Palacios-Reyes, Gloria Zirahuen Salgado-Gómez, Ana Carolina Golib-Gaber, María Jimena Colomé-Bolio, Leonor Celia Johansen-Cervera & Oswaldo Huchim Lara.

Correo de contacto:

rhuchim@marista.edu.mx

Palabras clave:

sistema cardiovascular, infarto agudo de miocardio, hospitalización.

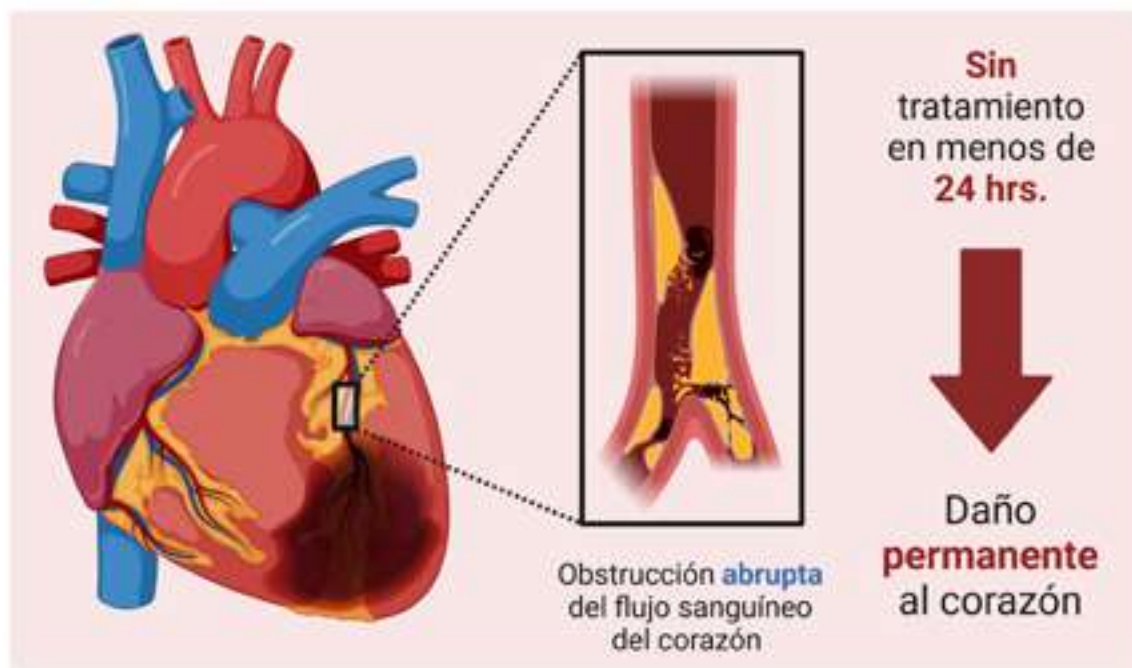
En un puerto caribeño, Florentino Ariza persigue hasta la obsesión un amor no correspondido, el de Fermina Daza. Fermina, para no faltar a las convenciones sociales, convierte el amor romántico en un deber; mientras que su esposo, el Dr. Juvenal Urbino, vuelve el matrimonio una rutina por su incapacidad de generar una conexión emocional al anteponer siempre la lógica y la razón. Estos y otros males del corazón sufren los personajes de *El amor en los tiempos del cólera* de Gabriel García Márquez. Tal como en aquel lugar, producto del ingenio del autor colombiano, en Yucatán también existen males del corazón, solo que estos se manifiestan como enfermedades cardiovasculares, por ejemplo, el infarto agudo de miocardio (IAM). El infarto agudo de miocardio, también conocido como ataque al corazón, ocurre cuando el flujo de sangre a alguna parte del corazón disminuye o se interrumpe, lo que ocasiona la muerte (necrosis) de los tejidos de esa zona (Figura 1). Una forma de entenderlo es a través de la siguiente analogía: seguramente todos hemos tenido un problema con la

presión del agua en la tubería del lavamanos o del fregadero de la casa; la acumulación de sarro en las paredes del tubo provoca una disminución de la luz del tubo y con ello de la presión que sale del grifo; si se continúa engrosando la placa de sarro, llegará un punto en el que se obstruya completamente el flujo de agua. Algo muy similar a lo que sucede durante el infarto: el lavamanos es el corazón, el tubo es una arteria, el sarro puede ser una placa aterosclerótica (compuesta por el exceso de colesterol) o un coágulo, y el agua es el oxígeno.

El infarto puede manifestarse con un dolor en el pecho de tipo opresivo, el cual se puede extender hacia el brazo, hombro, espalda y mandíbula; además, puede haber una sudoración fría, cansancio, mareos, náuseas y dificultad para respirar. Estos síntomas suelen presentarse de forma repentina, pero en algunos casos puede haber un dolor persistente en días o semanas previas al infarto.

En Yucatán, de acuerdo con los registros analizados de la Dirección de Información en Salud, entre el 2014 y el 2023 ocurrieron





1248 hospitalizaciones por IAM y, tras una disminución en 2020 (por efectos de la pandemia), en los últimos tres años ha habido un marcado aumento de casos (Figura 2). El IAM es más frecuente en yucatecos (66 %) que en yucatecas (34 %); el 33 % de los pacientes estaban casados, el 11 % solteros, el 8 % viudos, el 4 % en unión libre y en el 43 % de los casos no fue especificado el estado conyugal. Aunque el grupo de edad más afectado es el de los adultos mayores (60 %), llama la atención el aumento entre los menores de 60 años. El 90 % de las hospitalizaciones fueron por primera vez y solamente el 1 % tuvo una infección durante su estancia hospitalaria. El punto de entrada al hospital fue principalmente a través de urgencias (91 %). No se observó un mes en particular en donde se hayan presentado más casos, ya que el rango osciló entre 93 (mayo)

y 116 (marzo). Otro aspecto importante es que cerca de la mitad de los pacientes hospitalizados por IAM fallecieron (Figura 3). De acuerdo con el reporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, México es uno de los tres países en donde las enfermedades del corazón se han incrementado en los últimos años, a diferencia del resto de los países miembros en donde se redujo la enfermedad. Estos resultados son parte del estudio realizado durante el Verano de la Investigación 2024 por alumnos de la Escuela de Medicina de la Universidad Marista de Mérida.

Las primeras descripciones de las manifestaciones clínicas y posibles causas del IAM fueron hechas a principios del siglo XIX con base en los hallazgos de las autopsias. Esto quiere decir que todos los

Figura 2. Hospitalizaciones por infarto agudo del miocardio por año (2).

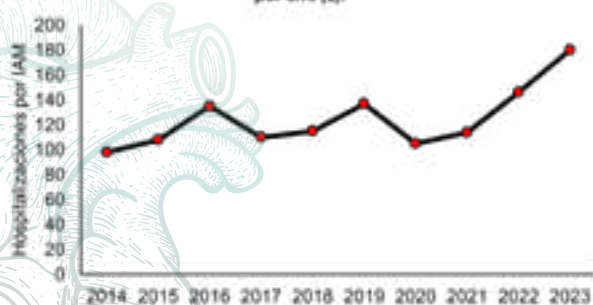
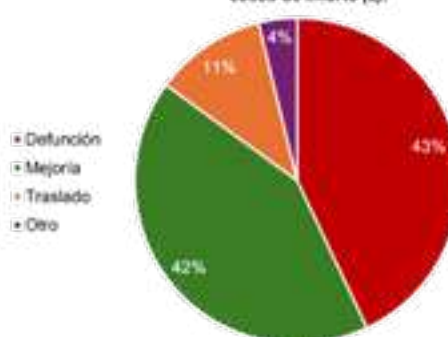


Figura 3. Principales motivos de egreso hospitalario de los casos de infarto (2).



pacientes con IAM en esos tiempos fallecían. Sin embargo, el conocimiento generado a partir de la primera década de los 1900 permitió que fuese posible diagnosticar el IAM antes de que el paciente falleciera, lo cual dio indicios de que la enfermedad no era siempre fatal. En esos mismos años, se introdujo el primer electrocardiógrafo, como resultado de casi cien años de estudios que buscaban comprobar la teoría de la presencia de corrientes eléctricas en el cuerpo humano (pero esa es otra historia). Este invento permitió describir el comportamiento del corazón durante un infarto, pero también diagnosticar, clasificar y tratar esta patología.

Sin embargo, a pesar de los avances en la medicina, la prevención sigue siendo uno de los pilares en el cuidado de la salud. Entre los factores modificables que ayudan a disminuir el riesgo de un IAM se encuentran el consumo de tabaco, control de la presión arterial, bajar los niveles de colesterol y triglicéridos, mejorar la dieta, hacer ejercicio, disminuir el peso corporal, así como aprender a manejar el estrés (Figuras 4 y 5).

El sufrimiento prolongado y la agonía de esperar por un amor no correspondido desde la adolescencia hasta la adultez mayor de Florentino, o la soledad y angustia experimentada por Fermina ante la falta de

Figura 4. ¿Cuáles son los factores de riesgo?

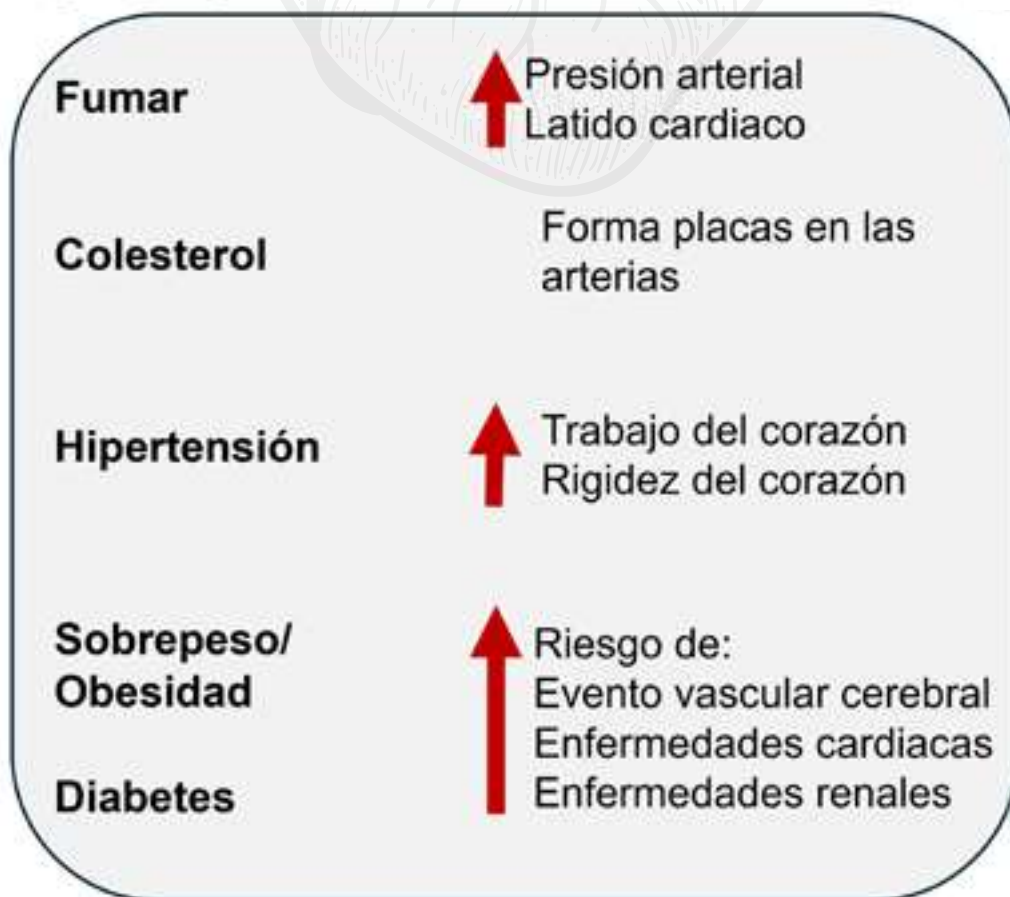


Figura 5. ¿Cómo prevenir un infarto?



amor y afecto de su esposo, son dos situaciones que pueden simbolizar el sufrimiento del músculo del corazón debido al flujo limitado de oxígeno antes de sucumbir por un infarto. Tanto en el

amor como en la salud del corazón, mantener un flujo constante de amor, atención y cuidado es esencial.

Referencias

- 1 American Heart Association. Stroke and heart attack symptoms. <https://www.heart.org/en/health-topics/heart-attack>
2. Dirección General de Información en Salud. Egresos Hospitalarios Datos Abiertos [Internet]. México: DGIS, 2024 [citado agosto 29, 2024]. Disponible en: http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/da_egresoshosp_gobmx.html
3. García Márquez, G. (2015). El amor en los tiempos del cólera. Grupo Planeta-México.
4. Manji, R., Wood, K. E., & Kumar, A. (2008). The History and Evolution of Circulatory Shock. *Critical Care Clinics*, 25(1), 1-29.
5. Mitchell RN, Connolly AJ. Corazón. In: Kumar V, Abbas AK, Aster JC, editors. *Robbins y Cotran. Patología Estructural y Funcional*. 10a ed. México: Elsevier Inc.; 2021. p.527-582.
6. Organization for Economic Co-operation and Development. Health at a Glance 2023: OECD Indicators. Paris: OECD Publishing; 2023 [citado agosto 29, 2024]. Disponible en: doi:10.1787/7a7afb35-en

Diagnóstico de resistencia de garrapatas *Rhipicephalus microplus* a ixodicidas en ranchos ganaderos del estado de Yucatán

Autores:

José Jesús Solís Calderón,
Jerónimo Sepúlveda Vázquez
Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP

Correo de contacto:

solis.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: larvas, resistencia, ixodicidas, ivermectina, bovinos.



Las garrapatas son ectoparásitos que ocasionan pérdidas directas por la succión de sangre e indirectas por su capacidad para transmitir enfermedades como babesiosis y anaplasmosis bovina. En México, el método más utilizado para el control de garrapatas es el uso de productos químicos. En los últimos 50 años el uso de pesticidas ha ido en aumento. La utilización irracional de estos productos ha generado el desarrollo de cepas resistentes a diferentes ixodicidas en México. En explotaciones ganaderas de Yucatán, el principal método de control es el uso de productos químicos y la forma de aplicación más utilizada es la de aspersión por medio de bombas manuales, observando una subdosificación y sobredosificación de los productos (Solís y Hernández, 2014). El objetivo del estudio fue determinar la frecuencia de ranchos ganaderos con garrapatas *R. microplus* resistentes a los ixodicidas Cipermetrina, Amitraz e Ivermectina, localizados en la zona ganadera del estado de Yucatán.

El estudio se realizó durante el período comprendido de mayo a diciembre de 2018,

en 7 explotaciones con infestación natural de garrapata *R. microplus* y se colectaron 546 garrapatas ingurgitadas de los bovinos para el diagnóstico de resistencia a dos ixodicidas, la Cipermetrina (Piretroides) y el Amitraz (Amidina), y una *Lactona Macrocíclica*, la Ivermectina.

El diagnóstico se realizó mediante la técnica de paquetes de larvas, usando dosis discriminantes para los dos primeros productos y la técnica modificada para la Ivermectina. Los resultados de las mortalidades obtenidas se evaluaron mediante el análisis Probit, usando el programa Polo-Plus y obteniendo el índice de resistencia (IR) de los productos estudiados. Para conocer el nivel de susceptibilidad de *R. microplus* a la Cipermetrina se utilizó el siguiente criterio: $IR < 3$ susceptible, $IR 3-5$ tolerante e $IR > 5$ resistente. En el caso de Amitraz e Ivermectina se utilizó: $IR \leq 1$ susceptible, $IR > 1$ a < 2 tolerante e $IR > 2$ resistente.

Se observó que el 28.6% de los ranchos tienen garrapatas resistentes al ixodicida Cipermetrina 42.8% tolerantes y 28.2% de las explotaciones fueron susceptibles al producto.

En estos ranchos susceptibles (28.2%), el diagnóstico de resistencia a Cipermetrina nos indica que aún puede ser utilizado para el control de la población de garrapatas en sus

bovinos (Tablas 1 y 4). Con relación al ixodicida Amitraz, el 57.1 % de los ranchos tienen garrapatas resistentes, 28.6 % tolerantes y 14.3 % susceptibles (Tablas 2 y 4).

Tabla 1. Resultados de los bioensayos para detectar poblaciones de garrapatas *R. microplus* resistentes a la Cipermetrina.

Rancho	Pendiente	Concentración Letal 50%	Intervalo de Confianza 95%	Índice de resistencia
Media Joya*	4.16	0.013	0.011-0.014	NA
RY1	0.98	0.049	0.039-0.062	3.76**
RY2	1.30	0.041	0.034-0.049	3.15**
RY3	0.64	0.076	0.060-0.096	5.84***
RY4	0.92	0.099	0.078-0.109	7.61***
RY5	1.19	0.005	0.003-0.006	0.38
RY6	0.56	0.006	0.003-0.008	0.46
RY7	0.60	0.048	0.036-0.063	3.69**

*Cepa de referencia; **Tolerante, *** Resistente. NA: no aplica.

Tabla 2. Resultados de los bioensayos para detectar poblaciones de garrapatas *R. microplus* resistentes al Amitraz.

Rancho	Pendiente	Concentración Letal 50%	Intervalo de Confianza 95%	Índice de resistencia
Gonzales*	3.27	0.0070	0.0069-0.0089	NA
RY1	1.33	0.0023	0.0019-0.0029	0.32
RY2	1.57	0.023	0.019-0.028	3.28***
RY3	1.60	0.031	0.022-0.042	4.42***
RY4	0.34	0.026	0.021-0.032	3.71***
RY5	1.52	0.009	0.007-0.010	1.28**
RY6	1.13	0.008	0.005-0.010	1.14**
RY7	1.54	0.027	0.022-0.034	3.35***

*Cepa de referencia; **Tolerante, *** Resistente. NA: no aplica.

Se observó que el 42.8% de los ranchos tienen garrapatas resistentes al antihelmíntico ivermectina y 57.2% de las explotaciones fueron susceptibles al producto (Tablas 3 y 4). El 28.6% de los ranchos diagnosticados con cepas de garrapatas *R. microplus* resistentes a la Cipermetrina, es indicativo que este ixodicida ha sido utilizado con anterioridad para el control de las garrapatas y su empleo en estos ranchos debe ser excluido.

En el estudio realizado por Solís y Hernández (2013) en la misma zona ganadera de Yucatán, encontraron cepas con resistencia a la Cipermetrina con mortalidades de larvas de 75% y 12% en dos explotaciones monitoreada. En el 57.1% de los ranchos trabajados se encontraron cepas de garrapatas *R. microplus* resistentes a Amitraz.

Tabla 3. Resultados de los bioensayos para detectar poblaciones de garrapatas *R. microplus* resistentes a la Ivermectina.

Rancho	Pendiente	Concentración Letal 50%	Intervalo de Confianza 95%	Índice de resistencia
Deutch*1	4.72	0.00056	0.00052-0.0006	NA
RY1	1.86	0.0002	0.00022-0.00029	0.35
RY2	1.54	0.0017	0.0015-0.0020	3.03***
RY3	1.74	0.0023	0.0020-0.0027	4.10***
RY4	1.14	0.0005	0.0003-0.0086	0.89
RY5	1.27	0.0004	0.0002-0.0006	0.71
RY6	0.86	0.0001	0.00009-0.0002	0.17
RY7	0.86	0.0015	0.0011-0.0020	2.67***

***1 Cepa de referencia susceptible del USDA, Laboratorio de investigación de la fiebre por garrapatas del ganado, Edinbur, Texas, EE. UU.; **Tolerante, *** Resistente. NA: no aplica.**

Tabla 4. Frecuencia de ranchos ganaderos diagnosticados con cepas de garrapatas *R. microplus* resistentes, tolerantes y susceptibles a la Cipermetrina, Amitraz e Ivermectina en el Estado de Yucatán.

Resultado	Ingrediente activo					
	Cipermetrina		Amitraz		Ivermectina	
	N	%	N	%	N	%
Susceptible	2	28.6	1	14.3	4	57.2
Tolerante	3	42.8	2	28.6	0	0
Resistente	2	28.6	4	57.1	3	42.8
Total	7	100	7	100	7	100

Solís y Hernández (2013) en las mismas condiciones ecológicas hallaron cepas resistentes a este ixodida, con variaciones en las mortalidades de las cepas estudiadas con un 90% y 12%. Rodríguez (2002) observó una frecuencia de ranchos ganaderos con garrapatas *R. microplus* resistentes a Amitraz de 19.4%, indicando que se pueden encontrar ranchos donde el producto puede ser utilizado. En el 42.8% de los ranchos trabajados se encontraron cepas de garrapatas *R. microplus* resistentes a ivermectina. En México, fue hasta el año 2010 en donde se reporta una población de garrapatas resistentes a ivermectina en el estado de Yucatán (Pérez y col, 2010) y en Veracruz se han reportado casos de poblaciones de garrapatas con diferentes índices de resistencia, aludiendo que aquellos

ranchos que utilizaban lactonas macrocíclicas más de 4 veces al año, son los más propensos a tener problemas de resistencia a Ivermectina (Fernández y col., 2012). Se detectaron ranchos ganaderos con cepas de garrapatas *R. microplus* resistentes a los ixodidas Cipermetrina, Amitraz e Ivermectina, localizados en el oriente del estado de Yucatán. La mayor frecuencia de cepas resistentes correspondió al principio activo Amitraz y cepas tolerantes a la Cipermetrina. En estas explotaciones es necesario implementar un programa integral para el control de la garrapata *R. microplus*. La situación actual es desfavorable, debido a que el único método de control que se continúa utilizando para el control de las poblaciones de garrapatas en el estado de Yucatán es el

químico.

Con productos alternos de la familia de las fenilpirazolonas, específicamente el Fipronil (ya con algunos años de salir al mercado), se reportan garrapatas resistentes a nivel mundial (Cuore y col., 2007) y nacional (Miller y col., 2013). Existe la necesidad de establecer

programas integrales de control de la garrapata *R. microplus*, donde se incluya además del diagnóstico de resistencia a los ixodicidas, el uso de inhibidores de crecimiento, hongos entomopatógenos, vacunación y rotación de potreros de los bovinos.



Referencias

- Cabrera, J.D., Rodríguez, V.R.I., & Rosado, A.J. A. (2008). Evaluación de la resistencia a la cipermetrina en cepas de campo de *Boophilus microplus* obtenidas de ranchos bovinos del estado de Yucatán, México. *Téc Pecu Méx*, 46 (4), 439-448.
- Cuore, U., Trelles, A., Sanchis, J., Gayo, V. & Solari, M.A. (2007). Primer diagnóstico de resistencia al fipronil en la garrapata *Boophilus microplus*. *Veterinaria Montevideo*, 42, (165 -166) 35 – 41.
- Fernández, S.A., Rodríguez, V.R.I. & Alonso, D.M.A. (2012). First report of a *Rhipicephalus microplus* tick population multi-resistant to acaricides an ivermectin in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, 183: 338-342.
- Miller, R.J., Davey, R.B., George, J.E. & Perez de Leon, A. (2013) First report of resistance to fipronil in *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae) of Mexico. *Journal of Medical Entomology*, (191) 97-101.
- Pérez, C.L.C., Rodríguez, V.R.I., Ramírez, C.G.T. & Miller, R.J. (2010). First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico. *Veterinary Parasitology*; (168) 165-169.
- Rodríguez, A.F.J. (2002). Prevalencia de ranchos ganaderos con garrapatas *Boophilus microplus* resistentes a organofosforados y amidinas, y algunos factores de riesgo para su presentación en el estado de Yucatán. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Solís, C.J.J. & Hernández, O.R. (2013). Resistencia de *Boophilus microplus* a ixodicidas en bovinos de ranchos ganaderos de Yucatán. Congreso Nacional de Buiatría Acapulco, Guerrero, México, 577-581.
- Solís, C.J.J. & Hernández, O. R. (2014). Métodos de control de las garrapatas y manejo de la resistencia a los ixodicidas por productores de bovinos de Yucatán. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Villahermosa, Tabasco, México, 282-285.

Urbanismo y ruralidad como factores en la salud mental en Yucatán

Autores:

Dr. Gandhi Samuel Hernández Chan

Dr. Oscar Gerardo Sánchez Siordia

Dra. Marisol Villanueva Escalante

Correo de contacto:

ghernandez@centrogeo.edu.mx

Palabras clave:

urbanismo, ruralidad, depresión, ansiedad, estrés.



La salud mental juega un papel fundamental en el bienestar de los individuos y es tan importante como la salud física. Muchos individuos suelen minimizar su importancia o no tomar en cuenta sus síntomas hasta que las consecuencias los obligan a hacerlo. Problemas de estrés, depresión o ansiedad no manejados oportunamente pueden derivar en consecuencias fatales.

Yucatán destaca por ser considerado como uno de los mejores estados para radicar.

Por otro lado, es uno de los estados que, desde hace casi 15 años, registra una de las tasas de suicidio más altas del país.

Mérida se ha caracterizado por su crecimiento acelerado, lo cual ha cambiado la forma de vivir de los habitantes. Uno de esos cambios son las condiciones para conseguir vivienda. En estos términos, se sabe que los espacios habitacionales suelen incrementar su valor mientras más cerca se encuentren de zonas con servicios. Sin embargo, en términos de salud mental, la realidad es distinta.

Este trabajo presenta un estudio llevado a cabo por un grupo de investigación del CentroGeo, la UADY y el Tecnológico de Mérida. Los

resultados muestran un panorama en donde se destaca la ruralidad sobre el urbanismo como factores en la salud mental.

- La seguridad
- El agua
- La gente
- El maya como segunda lengua
- Las playas
- La conectividad
- La infraestructura
- La comida
- La identidad Yucateca
- Las hamacas



Figura 1. Razones para vivir en Yucatán.

Suicidios en Yucatán 2010 - 2020



Figura 2. Casos de suicidio en Yucatán 2010 a 2020.

La relación entre el entorno habitacional y la salud mental ha sido estudiada por varias áreas de conocimiento. Estas áreas han dado a conocer el impacto que tiene el contexto habitacional en nuestra salud mental, buscando fomentar la planificación y el correcto diseño de los espacios para garantizar el bienestar del individuo.

Strobl, Goryakin y Karanikolos (2020) presentan una visión global sobre la influencia de los espacios urbanos en la salud mental. En su estudio se resalta que un crecimiento urbano acelerado pudiera representar riesgos para la salud mental por el aumento en los niveles de estrés y ansiedad derivados de la densidad poblacional. Su perspectiva pone en mayúsculas la necesidad de tomar en cuenta el impacto del entorno urbano en la salud mental con el propósito de disminuir sus efectos adversos.

Por su parte, Ekkel y De Vries (2017) desarrollaron una encuesta nacional para determinar el efecto que tiene la proximidad de espacios naturales en la salud mental. Los resultados indican que el tener acceso a

áreas verdes resulta positivo para el bienestar mental, por lo que proponen el aumento de éstas dentro del ambiente urbano.

Los trabajos de Maas et al. (2009) demuestran una disminución en la morbilidad con relación a un entorno de vida verde. Basados en la epidemiología, demuestran que las personas que viven en zonas con mayor índice de vegetación suelen tener menos problemas de salud mental, por lo que resaltan la importancia de contar con elementos naturales a pesar de vivir en un entorno urbano.

Alineado con lo anterior, Niemann, Hagedorn, y Richter (2014), en su estudio comparan entornos rurales y urbanos para evaluar su impacto en la salud mental. A pesar de que los resultados obtenidos favorecen a las zonas rurales por sus características de tranquilidad y menor densidad poblacional, también mencionan como desventaja de estas zonas el aislamiento social.

Por último, Miller y Schofield (2021) presentan una revisión sistemática de investigaciones sobre espacios verdes en zonas urbanas y su impacto en la salud mental. Los resultados

muestran los beneficios de los espacios verdes, con lo que se fortalece la necesidad imperante de integrar y mantener áreas verdes en entornos urbanos para promover el bienestar psicológico.

Los trabajos anteriormente mencionados resaltan la importancia de contemplar características rurales en el diseño urbano por su beneficio hacia la salud mental, por ejemplo, el acceso a áreas verdes, a la naturaleza y una buena gestión de la densidad poblacional, lo cual es clave para el cuidado de la salud mental y el bienestar en general.

Los datos fueron recolectados utilizando la aplicación APPSI® desarrollada por los autores de este documento. La plataforma aplica cuestionarios que miden el grado de depresión, ansiedad y estrés, además de datos sociodemográficos.

Se analizaron 1748 respuestas provenientes de diferentes municipios. Utilizando la georreferencia de cada registro se clasificaron los datos en AGEBs (Área Geoestadística

Básica) rurales y urbanos.

Posteriormente se calcularon los promedios para cada una de las variables, con lo cual se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

Las primeras dos gráficas muestran la comparación de las variables de depresión y ansiedad en ambientes urbanos y rurales. En ambos casos el ambiente urbano muestra que los habitantes tienen en promedio niveles superiores que quienes viven en zona rural. En el caso de la depresión, la diferencia es de 0.26188 unidades; en el caso de la ansiedad, la diferencia es de 0.30977 unidades. Esta diferencia representa el 28% y 27% respectivamente.

La tercera gráfica muestra la comparación en los niveles de estrés entre quienes habitan en zona urbana y quienes lo hacen en zona rural. La comparación muestra una vez más, que el vivir en un ambiente urbanizado genera en promedio mayores niveles de estrés a su población que el ambiente rural, con una

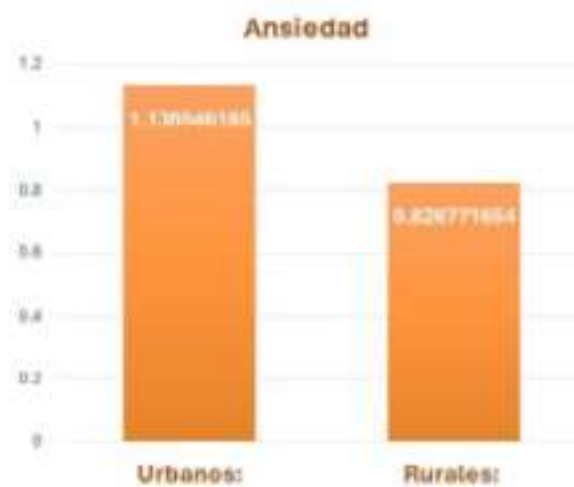
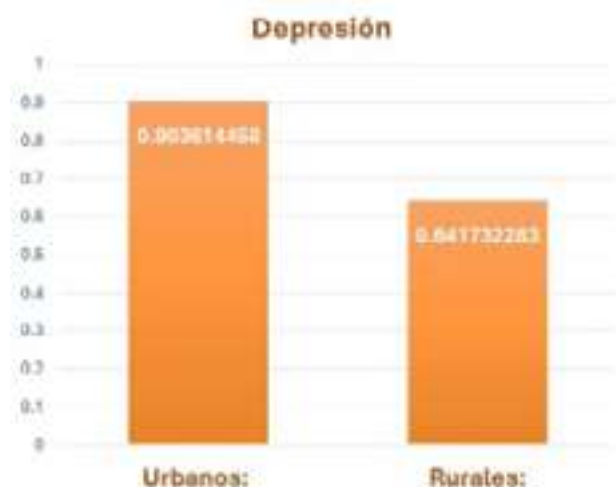


Figura 3. Niveles de depresión y ansiedad en zona urbana y zona rural.

diferencia de 0.24455 unidades, lo cual representa una diferencia del 37.5%.

Si se toma en cuenta que las tres variables en cuestión se miden de la misma forma, es

posible percatarse que, el mayor problema al comparar urbanismo contra ruralidad es el estrés.

Para el bienestar de la población es necesario considerar la salud como un tema integral, es decir, no solamente tomar en cuenta la salud física sino también la salud mental. A pesar de que Yucatán se ha considerado como uno de los estados más pacíficos, es necesario también considerar que, cuestiones como el suicidio, el cual se encuentra altamente relacionado con la depresión, ansiedad y estrés, es una manifestación de violencia. Es así como está catalogado por el INEGI. Aunque, a diferencia de otras manifestaciones, esta es una violencia en donde la víctima y el victimario son la misma persona.

Si bien, los padecimientos mentales requieren de profesionales, las evidencias indican que la presencia de elementos que caracterizan a las zonas rurales es de gran aporte para la salud mental de la población, a pesar de que las viviendas aumenten su valor conforme se eleva el grado de urbanización.

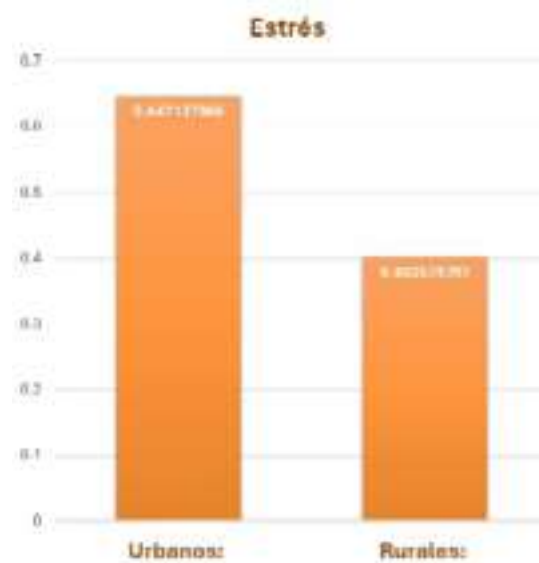


Figura 4. Estrés en zona rural y zona urbana.

Referencias

1. Ekkel, E. D., & de Vries, S. (2017). Nearby green space and human health: Evaluating accessibility metrics. *Landscape and Urban Planning*, 157, 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.06.008>
2. Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., de Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 63(12), 967-973. <https://doi.org/10.1136/jech.2008.079038>
3. Miller, J. R., & Schofield, C. (2021). Urban green spaces and mental health: A systematic review of the evidence. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126943. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126943>
4. Niemann, H., Hagedorn, H., & Richter, M. (2014). Rural vs. urban living: A comparison of mental health effects. *Environmental Psychology*, 39, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.envp.2014.02.008>
5. Strobl, R. O., Goryakin, Y., & Karanikolos, M. (2020). Urbanization and mental health: A global perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2030. <https://doi.org/10.3390/ijerph17062030>

Factores determinantes de los precios inmobiliarios: un análisis econométrico del mercado de vivienda en Mérida, Yucatán (2024)

Autores:

Francisco Iván Hernández Cuevas,
Ivonne Montserrat Barrientos Carrillo,
Marian Elizabeth Castilla Valdez,

Pamela Guerrero Rubio,
Gabriela de Jesús Rosado Ciau y
Génesis Sarahí Villegas Cruz

Correo de contacto:

fhernandez@marista.edu.mx

Palabra clave: demanda residencial, desarrollo urbano, vivienda, inflación inmobiliaria

Introducción

El derecho a un entorno ambiental adecuado y a una vivienda digna son fundamentales para el desarrollo y bienestar de las personas. Estos derechos están reconocidos internacionalmente en la Declaración Universal de Derechos Humanos (1948) y en el artículo 4 de la Carta Magna de México, por lo que es crucial que la legislación proporcione mecanismos y apoyos necesarios para garantizar estos derechos esenciales, incluyendo la protección del hogar y la privacidad.

No obstante, la transformación de la dinámica social originada por la globalización ha tenido un impacto a nivel socioeconómico y ambiental. En la ciudad de Mérida, el sector inmobiliario ha sido un claro ejemplo de estos procesos: proyectos arquitectónicos, como los complejos inmobiliarios, inciden en la infraestructura

urbana y en el valor de las áreas habitacionales que, por ende, demandan y promueven más servicios (Peraza Guzmán, 2008).

En México, en general, el derecho a la vivienda está en crisis por el crecimiento acelerado de las ciudades (Escoffré, 2023), y en Mérida, en particular, se suma el fenómeno de gentrificación que sufre la ciudad (Dávila y López, 2021). Por todo ello, la especulación inmobiliaria exacerba las tensiones sociales, económicas y ambientales en torno a la vivienda.

La evolución del precio de la vivienda a nivel nacional, estatal y municipal, ha mostrado un aumento prolongado desde el 2021, presentando un crecimiento sustancial durante el primer trimestre del 2023; no obstante, hasta el tercer trimestre de 2024 se presentó una tendencia decreciente, según datos de la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) (Figura 1).

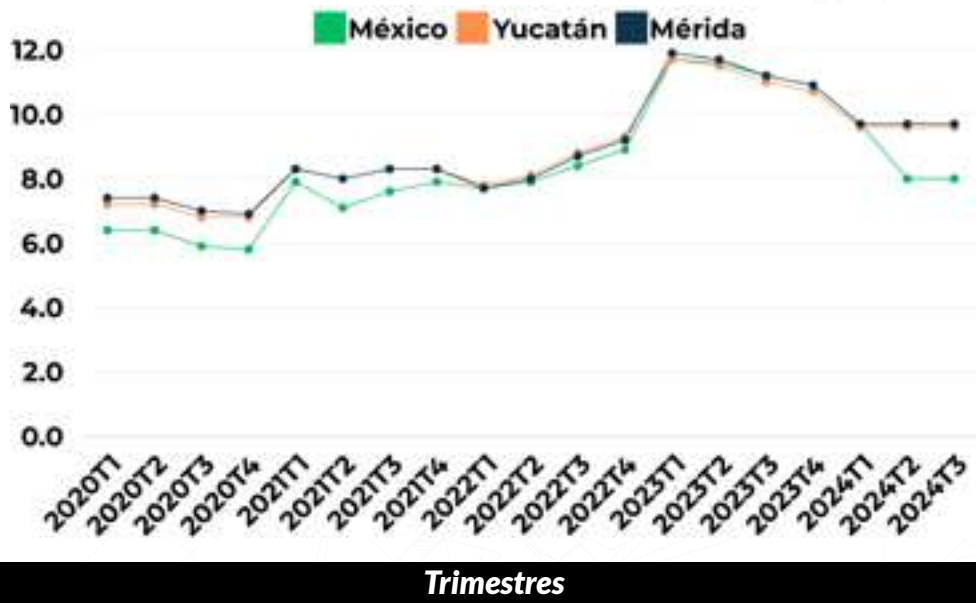


Figura 1. Evolución trimestral del precio de la vivienda 2020T1-2024T3
Fuente: Elaboración propia con información de SHF (2024).

El estudio tuvo como propósito principal estimar la influencia de los factores relacionados con la infraestructura y ambiente en la determinación de los precios de las viviendas en Mérida, Yucatán. Esta investigación se desarrolló como parte de las actividades del X Verano de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Marista de Mérida, en el cual colaboraron estudiantes de distintas áreas académicas, enriqueciendo el enfoque multidisciplinario del trabajo.

Materiales y métodos

Con un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, de alcance inferencial y de corte transversal, se utilizó una muestra estratificada por zona de la ciudad de 380 viviendas, estimada con la fórmula para poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5% y una proporción de respuesta del 50%.

Área de estudio

Se dividió en cinco zonas, contemplando la zona centro y los cuatro cuadrantes (noroeste, noreste, sureste, suroeste).

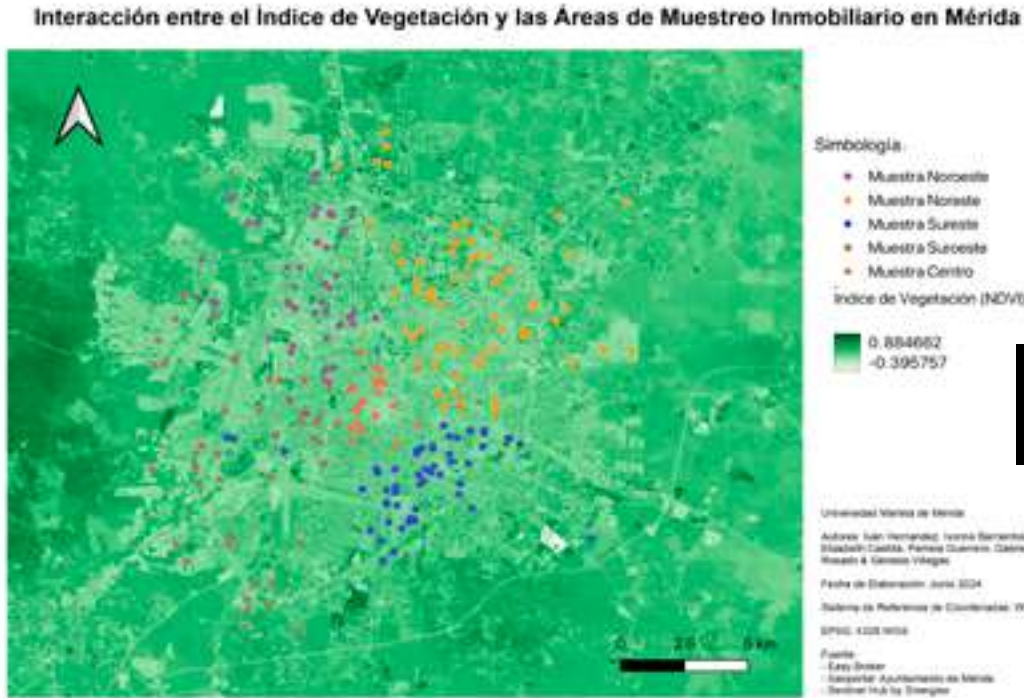


Figura 2. Área de estudio
Fuente: Elaboración propia con QGIS 3.40.

El método de los precios hedónicos es una herramienta para identificar la influencia del bien ambiental, que es parte o tiene características del bien privado, particularmente en el caso de la vivienda. Basado en el supuesto de que los valores ambientales se ven reflejados en los precios de los bienes raíces (Pearce & Turner, 1990), permite descubrir los atributos del bien que explican su precio y determinan la importancia cuantitativa de cada uno de ellos (Azqueta Oyarzun, 2007).

Se asume que un bien privado h , miembro del conjunto de la clase de bienes Y : una vivienda particular, donde su precio (Ph) será una

función del conjunto de características que posee (Azqueta Oyarzun, 2007):

$$Ph = f_h(S_h, X_h)$$

Expresión en la que:

$S_h = S_{h1}, \dots, S_{hn}$ = Vector de características estructurales de la vivienda (m² de terreno, m² de construcción, número de baños, número de recámaras, número de niveles).

$X_h = X_{h1}, \dots, X_{hn}$, = Vector de características ambientales del entorno (nivel de vegetación)

Para el análisis se utilizó un total de trece variables las cuales son descritas en la Figura 3.



Figura 3. Variables utilizadas en el estudio

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento del análisis

Se calculó el Índice de Vegetación (NDVI) basado en las imágenes satelitales LANDSAT 7 del buscador eoBrowser utilizando las bandas espectrales 4 y 8, del día 23 de mayo de 2024, siguiendo la siguiente fórmula:

NDVI= Index(B8,B4)= (B8 - B4)/(B8 + B4)

Esta información fue integrada a las coordenadas de las viviendas por medio del *software* QGIS para su representación gráfica. Finalmente, se ejecutó un modelo de regresión lineal multivariada utilizando las variables de infraestructura y ambiente para determinar su influencia en el precio de mercado.

Resultados

El precio promedio de una vivienda en Mérida es de \$3,533,856 MXN, con variaciones significativas según su ubicación, siendo más elevadas en el centro y norte de la ciudad. Menos del 50% de las viviendas incluyen áreas ajardinadas, las cuales, no necesariamente tienen flora nativa, endémica o de relevancia ecológica para el entorno. Además, sólo un 18% de las viviendas están diseñadas con accesibilidad a personas con discapacidad, representando una importante limitación en términos de inclusión. Sobre las medidas de seguridad, la mayoría de las viviendas carecen de servicios de seguridad privada. También se encontró que solo un 2% de las viviendas emplean fuentes de energía renovable, lo que evidencia un bajo compromiso con la sostenibilidad y el aprovechamiento de tecnologías verdes (Tabla 1).

Tabla 1. Características promedio de vivienda en Mérida por zona

Variable	General (n=384)	Noreste (n=82)	Noroeste (n=70)	Sureste (n=103)	Suroeste (n=79)	Centro (n=50)
Precio de venta	3,533,856	4,242,102	3,257,250	1,971,656	1,860,714	8,621,275
m² de construcción	205.64	239.59	249.18	160.23	157.84	255.30
m² de terreno	277.52	299.33	265.67	273.13	227.22	346.80
Recamaras	2.84	3.00	3.22	2.58	2.51	3.08
Baños	2.42	3.13	2.73	1.82	1.82	3.01
Estacionamientos	1.63	2.07	1.85	1.36	1.75	0.98
Piscina	0.35	0.59	0.31	0.19	0.13	0.70
Jardín	0.49	0.69	0.24	0.28	0.56	0.44
Seguridad	0.12	0.28	0.11	0.05	0.11	0.06
Accesibilidad	0.18	0.28	0.02	0.17	0.20	0.22
Paneles solares	0.02	0.09	0.01	0.00	0.00	0.02
NDVI	0.16	0.15	0.18	0.18	0.17	0.70

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del modelo econométrico arrojaron significancia estadística en prácticamente todas las variables analizadas con excepción del número de recámaras de la vivienda estacando que la variable ambiental reduce el precio de mercado de la vivienda (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del modelo de regresión lineal.

Regresión lineal							
Log precio vivienda	Coef.	Err. Est.	Valor-t	Valor-p	[95% Intervalo de confianza]		Sig.
Recamaras	.036	.029	1.25	.214	-.021	.093	
Baños	.181	.028	6.50	.000	.127	.236	***
Estacionamiento	-.101	.02	-5.08	.000	-.14	-.062	***
m2 construcción	.001	.001	4.18	.000	.001	.001	***
m2 terreno	.001	.001	6.73	.000	.001	.001	***
Pisos	.152	.049	3.13	.002	.057	.248	***
Piscina	.561	.052	10.75	.000	.458	.663	***
NDVI	-.455	.156	-2.92	.004	-.761	-.149	***
Constante	13.664	.085	160.47	.000	13.496	13.831	***
Media de la variable dep.		14.797	Desv. Est. variable dep.		0.717		
R-cuadrada		0.676	Numero de obs.		380		
F-test		96.583	Prob > F		0.000		
Akaike crit. (AIC)		414.231	Bayesian crit. (BIC)		449.692		
*** p<.01							

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

El estudio revela que el mercado inmobiliario en Mérida no otorga prioridad a la presencia de vegetación periférica, un elemento extrínseco crucial para el bienestar de la población. En contraste, se valoran más las características intrínsecas de las viviendas. Se recomienda investigar variables ambientales adicionales, como los índices de calor, y ampliar el análisis

a departamentos o propiedades tipo Airbnb, para comprender mejor la interacción entre estas variables y el comportamiento del mercado inmobiliario.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Leopoldo Palomo por su colaboración en el cálculo del NDVI.

Referencias

Azqueta Oyarzun, D. (2007). Introducción a la economía ambiental (2a ed). McGraw-Hill.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). Artículo 4, párrafo séptimo. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México.

Dávila, C. y López, R. (2021). Transformaciones socioespaciales al noreste del centro histórico de la Ciudad de Mérida. Turistificación, recreational turn y gentrificación. Península 16(2). 139-166. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-57662021000200139&lng=es&tlng=es.

Escoffré, C. (2023). País sin techo. Ciudades, historias y luchas sobre la vivienda. Grijalvo, Ciudad de México.

SFH (2024). Índice SHF de Precios de la vivienda en México. Tercer trimestre. <https://www.gob.mx/shf/articulos/indice-shf-de-precios-de-la-vivienda-en-mexico-tercer-trimestre-de-2023-resumen?idiom=en>

Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). Economics of natural resources and the environment. Johns Hopkins University Press.

Peraza Guzmán, M. T. (2008). Los procesos urbanos, la identidad y la globalización en la Mérida contemporánea. Diseño en Síntesis 39. p.50-61. <https://disenoensintesisojs.xoc.uam.mx/index.php/disenoensintesis/article/download/199/198>



gaceta

Órgano Oficial de Divulgación del Sistema de Investigación, Innovación
y Desarrollo Tecnológico del Estado de Yucatán



CentroGeo
21°07'51"N 89°46'51"O 0008m



**UNIVERSIDAD
MODELO**



Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Un agradecimiento especial a las instituciones
participantes en esta edición*



RENACIMIENTO MAYA YUCATÁN

GOBIERNO DEL ESTADO | 2024 ♦ 2030

SECIHTI

SECRETARÍA DE CIENCIA,
HUMANIDADES, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN

Contáctanos: gaceta.siidetey@gmail.com | www.siidetey.org



RENACIMIENTO MAYA
YUCATÁN
GOBIERNO DEL ESTADO | 2024 ♦ 2030

SECIHTI
SECRETARÍA DE CIENCIA,
HUMANIDADES, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN



SIIDETEY



**Parque Científico y
Tecnológico de Yucatán**