



# gaceta

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



**SIIDETEY**





# 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](mailto:gaceta.siidetey@gmail.com)

[www.siidetey.org](http://www.siidetey.org)

Con base en el Decreto de Creación del SIIDETERY, se consideró importante desarrollar e implementar un esquema de información que permita divulgar las acciones que el propio Sistema desarrolla en materia de ciencia y tecnología, a fin de dar a conocer su quehacer y despertar el interés de la misma comunidad académica y de investigación.

A partir de los nuevos retos económicos y sociales, se ha identificado la necesidad de vincular de mejor manera la actividad científica, no solamente con su propio ecosistema, sino llevarlo a un segundo nivel de interacción con las actividades sociales y productivas, ante lo cual, esta nueva versión de la Gaceta SIIDETERY pretende ser ese vínculo, acercando a los sectores involucrados con un matiz de pertinencia para la generación y utilización del conocimiento en ámbitos que trasciendan la esfera de lo estrictamente científico.

Es mucho y muy variado lo que la ciencia puede aportar a la vida cotidiana; con la creación de espacios para su divulgación, se generan las condiciones para el aprovechamiento del conocimiento producido en pro del impulso al desarrollo de una entidad como la nuestra, que le apuesta a la investigación y a la innovación como ejes transversales del bienestar social y económico.

### Mtro. Mauricio Cámara Leal

Secretario de Investigación, Innovación y Educación Superior



#### Quiénes Somos:

**Gaceta SIIDETERY** es una publicación 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 y su utilización total o parcial debe ser autorizada por el **SIIDETERY**.

**Gaceta SIIDETERY** tiene una paginación variable; puede ser impresa en papel couché de 115 g. y forros en 130 g., a todo color, en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. Oficinas de la DGII, ubicadas en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán (PCTY), Km 5.5 Carretera Sierra Papacal - Chuburna Puerto.

**Gaceta SIIDETERY** No. 67, Junio 2023. Mérida, Yucatán, México



## Directorio

Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior

**Mtro. Mauricio Cámara Leal**

**Mtro. Gerardo Vela Monforte**

Universidad Autónoma de Yucatán

**Dr. Carlos Alberto Estrada Pinto**

Centro de Investigación Científica de Yucatán

**Dr. Pedro Iván González Chi**

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Unidad Mérida

**Dr. Víctor Vidal Martínez**

Subsede Sureste del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco

**Dra. Teresa del Rosario Ayora Talavera**

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. María Isabel Rodríguez Hereida**

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

**Dr. Alfredo Ulibarri Benítez**

Universidad Modelo

**Ing. Carlos Sauri Duch**

## Comité Editorial

### UNAM-ENES MÉRIDA

Daniela H. Tarhuni Navarro

### INIFAP

Raúl Díaz Plaza

### CICY

Miguel Gibran Román Canto

### CENTROGEO

Rosa Martha Peralta Blanco

### UNAM Campus Yucatán

Mónica S. Enríquez Ortiz

### UNIVERSIDAD MARISTA DE MÉRIDA

Alfonso Cuevas Jiménez

### CIATEJ

Élida Gastélum Martínez

### UNIVERSIDAD ANAHUAC MAYAB

Mariana Berenice González Leija

### CIESAS

Patricia Fortuny Loret de Mola

### UADY

Ramon Peniche Mena

### UNIVERSIDAD MODELO

Jorge Carlos Canto Esquivel

### UTM

Jorge Martínez Vera

### ECOSUR

Carmen Olivia Rosas Correa

### CINVESTAV

Rafael Rivera Bustamante

### CIMAT

Joel Antonio Trejo Sánchez

### SIIES

Ericka Guiselle Garibay Nava

### ITM

Hermila Andrea Ulibarri Benítez

### Responsable de la información

Dirección General de Investigación e Innovación

### Responsable de la publicación

Dirección General de Investigación e Innovación

### Diseño editorial

Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior  
Mario Javier Traconis Alburquerque

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Milpa maya: la trascendencia internacional de nuestra herencia.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Las bacterias <i>Streptomyces</i> como alternativa biológica para la degradación del herbicida glifosato en los campos de cultivo.....</b> | <b>8</b>  |
| <b>Celdas de combustible que utilizan hidrógeno y oxígeno: tecnología del futuro.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>Evaluación Ambiental Estratégica en Yucatán: alianza de saberes para el ordenamiento socioambiental en una región biocultural.....</b>     | <b>16</b> |
| <b>Una deliciosa ciencia ciudadana en Sabancuy, Campeche.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>El pan de polen de la abeja sin aguijón <i>Melipona beecheii</i>.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>Responsabilidad social en las microempresas de Yucatán.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>La Carpeta Digital Ciudadana.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>Lesiones por mordedura de serpiente en la península de Yucatán.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>El relieve de la Sierrita de Ticul: el balcón de Yucatán.....</b>  | <b>41</b> |
| <b>Prototipo de un sistema para el monitoreo de parámetros del agua en cultivos acuícolas.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>Riesgo y cambio climático. ¿Lo percibimos igual?.....</b>  | <b>49</b> |
| <b>Análisis de sistemas complejos.....</b>  | <b>53</b> |

# Milpa maya: la trascendencia internacional de nuestra herencia

Rosa Martha Peralta-Blanco. Centro de Investigación en Ciencias de la Información Geoespacial A.C.  
Mariana Rivera De Velasco. Escuela Superior de Agricultura en Angers, Francia.  
**Palabras clave:** milpa, maya, SIPAM

La milpa ha sido la principal fuente alimenticia de Mesoamérica generación tras generación desde hace más de 5000 años. La geografía y cosmovisión de cada cultura mesoamericana le ha permitido posicionarse como la base de la diversidad gastronómica de la región, ya que a partir de sus tres componentes fundamentales: maíz, frijol y calabaza, y la introducción de productos locales, ha logrado asegurar alimentariamente la mayor proporción de habitantes en tiempo y espacio. En el caso de la cultura maya, específicamente del estado de Yucatán, no es la excepción ya que tal y como lo afirman los textos sagrados del *Popol Vuh*, los humanos somos seres creados del maíz:

*“De maíz amarillo y de maíz blanco se hizo su carne; de masa de maíz se hicieron los brazos y las piernas del hombre. Únicamente masa de maíz entró en la carne de nuestros padres, los cuatro hombres que fueron creados”.*

Como se aprecia, el sistema de la milpa no solo conforma una amplia diversidad de productos alimenticios, sino también implica significado e identidad, razón por la que la milpa maya adquiere particularidades que son apreciadas a escala global, pero que resultan opuestas a las preconcepciones de lo que se interpreta como una agricultura eficiente, hecho por el que debe deconstruir el imaginario propio de lo que corresponde a una milpa.



La milpa maya es un sistema biocultural basado en el conocimiento geográfico y tradicional maya, por lo que se considera un binomio agricultura-ecosistema, característica que delimita diferencias con las técnicas extensivas orientadas a la producción masiva de monocultivos en el menor tiempo posible, ya que por sí misma configura en paisajes agrícolas acordes al relieve, suelos y accesibilidad al agua. En este ámbito, la principal fortaleza de este sistema proviene de la diversidad de cultivos que puede albergar, ya que la introducción de cada uno se relaciona con los beneficios que puede aportar a otros, por lo que en conjunto logran una protección simbiótica, razón por la que se afirma que tiene la capacidad de superar el potencial productivo de los monocultivos pues permite, entre otros beneficios, la absorción de nutrientes por que sus raíces se complementan y facilitan que la planta pueda absorber nitrógeno atmosférico (Ebel et al., 2017).

Adicional al potencial agrícola, otra característica imprescindible se encuentra en su interacción biocultural (Moya & Ku, 2001) y con ello se refiere a los usos y costumbres relacionados con la milpa que la sociedad tiene para cada fase agrícola, tal como la roza-tumba-quema, la gestión local, el trabajo familiar, el aprovechamiento de las razas de maíz o la repartición de la cosecha entre autoconsumo o venta, todas ellas actividades sustentadas en el conocimiento agrícola pero también con una carga espiritual al ser acompañadas de ceremonias como el pedir por lluvia y protección o dar agradecimiento. Así, dichas interacciones cobran importancia debido a que conforman una identidad agrícola única, razón por lo cual la presencia indígena le proporciona un significado propio.

Respecto a la interacción de la milpa con el ecosistema, se debe señalar que esta misma forma parte de él, ya que así como la conservación y cuidado de la selva es indispensable para mantener sano al sistema de la milpa maya, este también contribuye a mantener y conservar las selvas, ya que la milpa, como el monte, forma parte del mismo paisaje. La milpa depende de la selva y contribuye a la manutención de gran variedad de biodiversidad; es por eso que, desde hace años se han empezado procesos para conservarla considerando no solo los productos alimenticios que esta nos brinda, sino también proporciona importancia cultural, ancestral y espiritual.

En una entrevista realizada por el programa de Pequeñas Donaciones, la antropóloga Silvia Terán platica que desde hace casi 10 años, principalmente durante de las ferias de las semillas, se iniciaron diálogos y reuniones comunitarias entre milperas, milperos, centros de investigación, organizaciones y demás participantes de la sociedad civil, para hablar sobre la importancia, revalorización y mayor visibilidad de la milpa maya o *Ich Kool*. En estas reuniones se definieron objetivos y dentro de ellos se estableció la búsqueda del reconocimiento, por parte de la FAO, de la milpa maya como Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM). La primera propuesta que se envió en búsqueda de este objetivo fue realizada y firmada de manera comunitaria por más de 700 milperos y milperas de más de 70 municipios de los tres estados de la península de Yucatán. Así, bajo la organización y los acuerdos comunitarios se establecieron las tareas primordiales para conservar la milpa.



Los SIPAM reconocidos internacionalmente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), son agroecosistemas habitados por comunidades que viven en una relación intrínseca con su territorio. Estos sistemas cuentan con un patrimonio agrícola compuesto de una combinación de paisajes, servicios ecológicos, recursos naturales y prácticas culturales y económicas que son específicas de la región e inigualables en otras partes del mundo. Reconocer un sistema como SIPAM es de importancia para visibilizar las amenazas que estos enfrentan, así como contribuir a su conservación, adaptación sostenible y fortalecimiento socioeconómico (FAO, s/f). Así mismo, con el reconocimiento de la milpa maya por la FAO, se espera también mantener a la península libre de cultivos transgénicos y promover el uso y protección de las semillas criollas y nativas.

Así, después de una larga trayectoria llena de talleres, encuentros, diálogos, ferias, intercambios y lucha, el 4 de mayo del 2023 se logró el reconocimiento del *Ich Kool* como sitio SIPAM por parte de la FAO. La entrega del reconocimiento se realizó en la ciudad de Roma, Italia, y fue entregado en las manos de los milperos Miguel Ku y Jesús Poot Yah, integrantes de "Los Guardianes de las Semillas". Con este logro, México cuenta ahora con dos sitios SIPAM: el sistema de chinampas de la Ciudad de México y el *Ich Kool* o milpa maya de la península de Yucatán, y se espera que sea una inspiración para seguir conservando y revalorizando todos los demás sistemas agrícolas de importancia en nuestro

#### Referencias bibliográficas

- Ebel et al. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, vol. 35(2), 149-160. <http://dx.doi.org/10.28940/terra.v35i2.166>
- Moya García, Xavier y Ku Yah, Bernardino. (2001). La milpa (kool) de los mayas yucatecos: cambiando para permanecer. En *LEISA revista de agroecología* Vol. 16(3).
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s/f). *Ich Kool: Milpa Maya de la Península de Yucatán, México. SIPAM en el Mundo*. <https://www.fao.org/giahs/giahsaroundtheworld/designated-sites/latin-america-and-the-caribbean/ich-kool-milpa-maya/informacion-detallada/es/>
- PPD. Programa de Pequeñas Donaciones. [Programa de Pequeñas Donaciones - México]. *Milpa Maya SIPAM* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ulTtZ2a3l-g>

#### Contenido

Museo Nacional de Antropología e Historia. [@mna\_inah]. (2018, 1º de Julio). Inspirado en el origen divino de los hombres a partir del maíz, según el "Popol Vuh", Raúl Anguiano realizó en [[https://twitter.com/mna\\_inah/status/1013588067792441344/photo/1](https://twitter.com/mna_inah/status/1013588067792441344/photo/1)]



# Las bacterias *Streptomyces* como alternativa biológica para la degradación del herbicida glifosato en los campos de cultivo

Fabiola Islas Lugo, Daniela Cortés Barrios, Diana E. Ríos Muñiz, Zahaed Evangelista Martínez

**Palabras clave:** herbicidas; *Streptomyces*; microbiología; suelos contaminados



### El glifosato, herbicida empleado para el control de malezas

A nivel mundial, el glifosato es el herbicida más utilizado para el control de malezas que afectan a más de 150 cultivos vegetales. Cada día se utilizan cientos de toneladas en los campos agrícolas que son aplicados de manera extensiva en cultivos que utilizan variedades genéticamente modificadas que les confiere resistencia al herbicida. Debido a lo anterior, existe un grave problema ambiental relacionado a la alta acumulación del herbicida en los suelos, ecosistemas acuáticos, e incluso en los productos vegetales para la alimentación, tomando en cuenta que el glifosato se considera como un compuesto bioacumulable y persistente en el ambiente. Se ha estimado que el tiempo de vida media del glifosato en el ambiente es de entre 30 - 170 días, persistencia que depende de la disponibilidad en el suelo, de la composición y la actividad biológica de sus comunidades microbianas.

Existe una discusión importante relacionada con el efecto que las grandes cantidades de glifosato que se emplean para el control de las malezas en los campos de cultivo pueden causar en la salud y el ambiente. Se conoce que el glifosato se acumula en los alimentos producidos en el campo y que consumen los humanos, pudiendo causar problemas a la salud que pueden ir desde mareos, irritaciones en la piel, o incluso, se habla de que es posible que el glifosato y sus derivados puedan inducir el desarrollo de cáncer. Por lo tanto, es necesario buscar alternativas naturales que contribuyan en la transformación del glifosato de manera biológica (biodegradación), una de las cuales puede ser mediante el uso de bacterias provenientes del suelo capaces de degradarlo (Massot, 2021).





### Las bacterias filamentosas *Streptomyces*

*Streptomyces* (estreptomicetos) es un grupo de bacterias ampliamente distribuidas en la mayoría de los ambientes, aunque más abundantes en los suelos. En la naturaleza se puede reconocer su presencia por el aroma agradable a tierra mojada durante los días lluviosos, que es producido por los compuestos volátiles que producen, uno de los cuales es la geosmina. Estos microorganismos realizan una importante labor desde el punto de vista ecológico debido a su intensa participación en la degradación de materia orgánica y compuestos recalcitrantes, en mejorar la biodisponibilidad mineral y consistencia de los suelos, además de que producen metabolitos secundarios con una acción importante en el control biológico de las poblaciones microbianas por la presencia de sustancias con actividad antibiótica, antifúngica, herbicidas, antihelmíntica, entre otras más. Esta capacidad de producir un gran número de metabolitos secundarios y compuestos bioactivos ha sido aprovechada para producir productos comerciales utilizados en las áreas de la medicina, veterinaria y agricultura.

Tomando en cuenta su amplia diversidad de especies presentes en los suelos, estas bacterias deben ser consideradas como un grupo importante en el estudio de la degradación biológica del glifosato. En este sentido, en el CIATEJ Subsele Sureste se ha iniciado un estudio con la finalidad de encontrar especies de *Streptomyces* con la capacidad de crecer en presencia de glifosato. Una vez que se tienen seleccionadas las bacterias, se pretende desarrollar un bioinoculante microbiano compuesto de un consorcio con diversas especies de estreptomicetos, que en su conjunto puedan funcionar de manera directa en la promoción del crecimiento vegetal, contribuir en la disminución de glifosato en el campo y participar en el control biológico de hongos y bacterias fitopatógenas, de forma que puedan tener un efecto positivo en la productividad de los cultivos.

### Búsqueda de bacterias con la capacidad de degradar el glifosato

El 1 de enero del 2021, México estableció a nivel nacional un plan de acciones con el objetivo de sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de glifosato o derivados que lo contienen como ingrediente activo para el control de las malezas, por alternativas seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y sostenibles con el medio ambiente.

Actualmente, en el campo agrícola se buscan alternativas menos contaminantes al medio ambiente para el control de malezas y plagas, debido a que los productos y métodos actuales resultan perjudiciales para la salud humana, animal y de un gran número de organismos que habitan los distintos ecosistemas. En la Subsección Sureste se mantiene en conservación un Banco de Germoplasma de Actinobacterias con más de 700 accesiones o cepas que han sido aisladas de diferentes ambientes, principalmente de suelos. Este grupo de bacterias es reconocido porque muchas especies producen diversas enzimas extracelulares con actividad hidrolítica (Kumar et al., 2020), y también se han descrito especies de estreptomicetos con la capacidad para degradar compuestos organofosforados, motivo por el cual el proyecto busca aislar e identificar especies del género *Streptomyces* tolerantes y/o degradadoras del glifosato, con el fin de implementar a futuro una estrategia de biodegradación que contribuya a reducir los impactos negativos que genera este herbicida en el medio ambiente.

Proyecto No. 320612 financiado por CONAHCYT-Ciencia de Frontera: Paradigmas y Controversias de la Ciencia 2022.

#### Referencias.

1. Evangelista-Martínez Z, Quiñones-Aguilar EE, Rincón-Enríquez G. 2017. Potencial biotecnológico de las actinobacterias aisladas de suelos de México como fuente natural de moléculas bioactivas: compuestos antimicrobianos y enzimas hidrolíticas. *Temas de Ciencia y Tecnología. Revista de la UTM: Temas de Ciencia y Tecnología.* 61, 3-12. <http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/handle/123456789/364>
2. Kumar M, Kumar P, Das P, et al. 2020. Potential applications of extracellular enzymes from *Streptomyces* spp. in various industries. *Arch Microbiol* 202, 1597-1615. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01898-9>
3. Massot F, Gkorezis P, Van Hamme J, et al. 2021. Isolation, Biochemical and genomic characterization of glyphosate tolerant bacteria to perform microbe-assisted phytoremediation. *Front Microbiol.* 11, 598507. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.598507>



# Celdas de combustible que utilizan hidrógeno y oxígeno: tecnología del futuro

José Oswaldo Ceballos

**Palabras clave:** celda de combustible, hidrógeno, energía alternativa, tecnologías electroquímicas

Las celdas de combustible son una gran alternativa para minimizar la dependencia de dispositivos energéticos que necesitan combustibles derivados de los hidrocarburos. Tienen gran versatilidad, usos diversos y como producto de su funcionamiento generan electricidad y agua que pueden utilizarse para otras aplicaciones. Como otras alternativas tecnológicas, también presentan desventajas y desafíos, sin embargo, han logrado posicionarse como una tecnología emergente de gran interés entre las energías limpias.

El mundo de la tecnología avanza a un ritmo vertiginoso y una de las innovaciones más atractivas surgida en los últimos años es la celda de combustible que utiliza hidrógeno y oxígeno, conocida como PEMFC (por sus siglas en inglés: *proton exchange membrane fuel cell*). Este dispositivo que parece salido de una película de ciencia ficción, tiene el potencial de revolucionar la forma como obtendremos y utilizaremos la energía en el futuro. ¿Quieres conocer más sobre esta tecnología futurista? ¡Entonces continúa leyendo!



Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos que generan electricidad a partir de reacciones químicas, y utilizan hidrógeno y oxígeno como combustible. Funcionan de manera similar a las baterías, pero a diferencia de estas, pueden generar electricidad de manera continua siempre que se les suministre hidrógeno y oxígeno.

### ¿Cómo funcionan?

Lo hacen gracias a la reacción de oxidación del hidrógeno en el ánodo y la reacción de reducción del oxígeno en el cátodo. Durante las reacciones en el ánodo y el cátodo, los electrones que fluyen a través del circuito externo generan electricidad utilizable para alimentar dispositivos eléctricos o cargar baterías. La reacción en el cátodo produce agua como subproducto, mientras que el calor generado durante las reacciones electroquímicas puede aprovecharse en sistemas de cogeneración para obtener calor adicional o agua caliente.

El hidrógeno que se usa como combustible puede obtenerse a partir de diversas fuentes, como el gas natural, la electrólisis del agua o la fermentación de biomasa. El oxígeno, por otro lado, se obtiene generalmente del aire.



Funcionamiento de una celda de combustible tipo PEMFC.

### Ventajas de las PEMFC

- **Energía limpia:** la única emisión producida por estas celdas es agua, lo que las convierte en una opción atractiva desde el punto de vista ambiental.
- **Eficiencia energética:** son altamente eficientes en la conversión de hidrógeno en electricidad. Pueden alcanzar eficiencias cercanas al 60% o incluso más altas en algunas configuraciones. Esto significa que se aprovecha una mayor cantidad de la energía contenida en el hidrógeno, lo que reduce la cantidad de este elemento necesario para generar una determinada cantidad de electricidad.
- **Versatilidad:** tiene un potencial muy amplio en cuanto a su aplicación en diferentes sectores, desde el transporte hasta la generación de energía estacionaria. En el transporte, por ejemplo, las PEMFC se utilizan en vehículos eléctricos en conjunto con baterías, ofreciendo una alternativa limpia y con autonomía similar o mayor a la de los vehículos de combustión interna que funcionan con gasolina o diésel. En la generación de energía estacionaria, las celdas de combustible pueden utilizarse para suministrar electricidad de manera sostenible y confiable en hogares, edificios comerciales o incluso comunidades completas.

• **Bajo impacto ambiental:** a diferencia de otras formas de energía, como los combustibles fósiles, las celdas de combustible no producen emisiones de CO<sub>2</sub>, favoreciendo la descarbonización de las viviendas o distintas cadenas de valor donde se utilicen.

• **Mayor autonomía y tiempos de recarga más rápidos:** en comparación con los vehículos eléctricos que utilizan solo baterías, los automóviles que tienen sistemas híbridos de celdas de combustible y baterías, presentan una mayor autonomía, tiempos de recarga rápidos y cómodos para los usuarios, de manera similar a la recarga de un vehículo de combustión interna.

### Desafíos y limitaciones de las celdas de combustible:

- Costo:** actualmente son relativamente costosas de producir y operar en comparación con otras fuentes de energía. Los materiales utilizados, como el platino y otros metales preciosos son caros, lo que eleva su costo de producción.

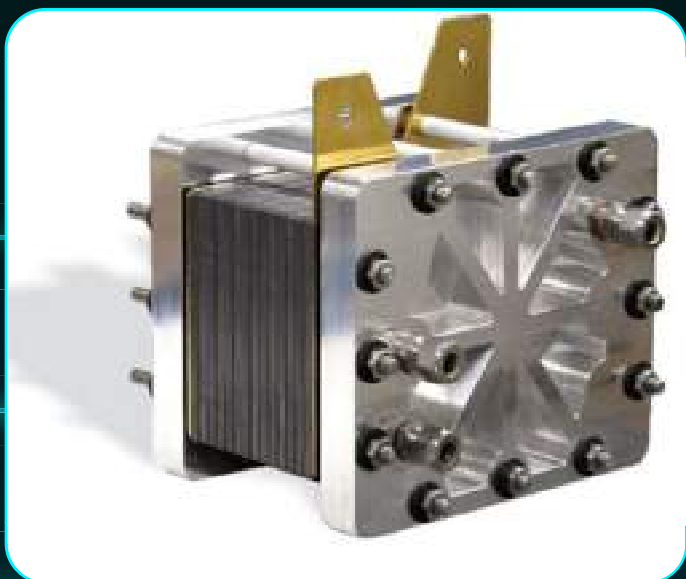
- Infraestructura limitada:** aunque se ha avanzado en la construcción de infraestructura para la producción y distribución de hidrógeno, aún existe una limitación en comparación con otras formas de energía. Esto puede dificultar la adopción generalizada de las celdas de combustible, ya que los usuarios pueden tener dificultades para encontrar estaciones de servicio de hidrógeno para recargar sus vehículos u otras aplicaciones.

- Seguridad:** el hidrógeno es altamente inflamable y puede tener una combustión rápida y explosiva en ciertas condiciones y, aunque las celdas de combustible están diseñadas con múltiples medidas de seguridad para prevenir fugas y explosiones, aún existen preocupaciones sobre la seguridad en la producción, almacenamiento, transporte y uso del gas.

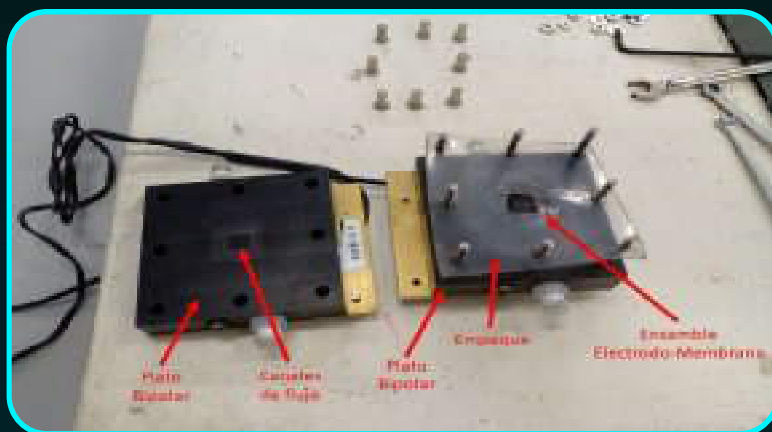
- Disponibilidad limitada de recursos:** aunque el hidrógeno es el elemento más abundante en el universo, rara vez se encuentra en forma pura en la Tierra y debe ser producido a partir de fuentes de energía primaria, como el gas natural o la electrólisis del agua. La producción de hidrógeno a gran escala requiere de una cantidad significativa de energía, lo que puede plantear desafíos en términos de sostenibilidad y disponibilidad de recursos. Además, la extracción de hidrógeno a partir de gas natural emite dióxido de carbono como subproducto, lo que puede disminuir el beneficio ambiental de las PEMFC. Por lo tanto, es importante desarrollar métodos de producción de hidrógeno sostenibles y renovables para mitigar este desafío.

- Tamaño y peso:** las celdas de combustible son relativamente grandes y pesadas en comparación con otras tecnologías de generación de energía. Esto puede limitar su aplicabilidad en ciertos contextos, como en aplicaciones portátiles o en vehículos de pequeño tamaño.

Ejemplo de un *stack* de varias celdas de combustible.  
(Fuel Cell Store, 2017).



Componentes internos de una celda de combustible tipo PEMFC, perteneciente al CICY.



## El futuro de las celdas de combustible PEMFC

A pesar de los desafíos y limitaciones mencionados, las PEMFC tienen un gran potencial como una fuente de energía limpia y versátil. Con la continua investigación y desarrollo en esta área, se espera que estas celdas jueguen un papel importante en la transición hacia un futuro energético más sostenible.



Aplicaciones de las celdas.

### Bibliografía

- Alternative Fuels Data Center. (s.f.). *Fuel Cell Electric Vehicles*. [https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel\\_cell.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html)
- Fan, L., Tu, Z., & Chan, S. H. (2021). Recent development of hydrogen and fuel cell technologies: A review. *Energy Reports*, 7, 8421-8446. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.003>
- Majlan, E. H., Rohendi, D., Daud, W. R. W., Husaini, T., & Haque, M. A. (2018). Electrode for proton exchange membrane fuel cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, 117-134. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.007>
- Spiegel, C. (2017, noviembre 05). Considerations for Fuel Cell Design. *Fuel Cell Store*. <https://www.fuelcellstore.com/-Blog-Section/Considerations-For-Fuel-Cell-Design>
- Sundén, B. (2019). *Hydrogen, Batteries and Fuel Cells*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-01247-5>
- VICOR Power. (s.f.). *Greater UAV flight time, range, and payload*. <https://www.vicorpower.com/industries-and-innovations/uavs>



# Evaluación Ambiental Estratégica en Yucatán: alianza de saberes para el ordenamiento socioambiental en una región biocultural

Gabriela Torres-Mazuera

**Palabras clave:** evaluación ambiental estratégica, alianza de saberes, Yucatán, región biocultural.

Desde la década de los noventa, el gobierno mexicano se ha propuesto fundamentar la regulación y gobernanza ambiental por medio de diversas herramientas.

Destacan los ordenamientos ecológicos territoriales (a nivel federal, estatal y municipal) definidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que proponen procedimientos para normar los usos de suelo a través de «unidades de gestión ambiental» con un enfoque de aprovechamiento sustentable, conservación o protección de los ecosistemas locales.



Otra herramienta, menos conocida, es la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), cuyo fin es determinar de manera estratégica, democrática y transparente el modelo de desarrollo aplicable a un territorio determinado para uno o varios sectores económicos (Lobos, 2015).

En términos generales, pocos municipios en México cuentan con ordenamientos ecológicos territoriales y una planificación de carácter regional, estratégica y verdaderamente participativa que permitan avanzar hacia el desarrollo sostenible. Más problemático aún, a pesar de la obligación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) de realizar estudios para la Evaluación Ambiental Estratégica en aquellas regiones con alto potencial para la generación de electricidad a partir de energías limpias, hasta la fecha no se ha realizado ninguna EAE en México. Esto es particularmente problemático en regiones ricas en términos de diversidad biológica y con alto potencial para la producción energética como Yucatán, estado que en las últimas dos décadas ha experimentado intensas transformaciones socio-territoriales causadas por la llegada de capitales e inversionistas del sector inmobiliario, energético y agroindustrial (Torres-Mazuera et al., 2021).

En 2021 propusimos realizar un estudio piloto para la formulación de la EAE en Yucatán, en el marco de la convocatoria del Programa Nacional Estratégico en Sistemas Socioecológicos y Sustentabilidad (Pronaces-SSyS). El proyecto semilla, aprobado y puesto en marcha en ese mismo año, fue un ejercicio para desarrollar de forma participativa el marco legal y administrativo para la EAE en términos más amplios que los previstos en 2015 en el artículo 19 de la Ley de Transición Energética (LTE). Al hacerlo de esta manera, buscamos plantear una aproximación aplicable a distintos sectores, no solo al de las energías limpias.

La EAE se compone de dos procesos: la generación de información socio-territorial desde diferentes disciplinas y saberes, y un proceso comunitario participativo que facilite la toma de decisiones en cada territorio.

Bajo estas consideraciones, nuestra propuesta buscó trascender el mero enfoque procedimental de los ordenamientos territoriales, a fin de brindar acompañamiento y fortalecimiento de modelos innovadores de desarrollo local que conciben la generación de energía renovable, la producción campesina o el turismo comunitario como medios para fortalecer sistemas socioambientales comunitarios sostenibles.



### Aproximación teórica-metodológica

Lejos de retomar una perspectiva que opone saberes locales no académicos a conocimiento científico, apostamos por una alianza de saberes y aprendizajes entre personas que abogan por una transición energética democrática y anclada a las necesidades locales.

En este orden de ideas, resultan fundamentales las contribuciones que hombres y mujeres campesinos e indígenas pueden hacer desde su saber territorial, al ordenamiento del territorio en términos más amplios que los establecidos por el marco legal.

Retomamos las reflexiones de distintos autores que, por caminos disímboles, coinciden en señalar la necesidad de generar diálogos de saberes y espacios de encuentro entre personas con perfiles diversos en la discusión de aquellos proyectos socio-tecnológicos con amplio impacto socio-ambiental (Barthe et al., 2014; Escobar, 1998; Leff, 2004). Por diálogo de saberes comprendemos «una construcción colectiva de un significado emergente, basada en el diálogo entre personas con diferentes experiencias históricas específicas, cosmovisiones y formas de conocimiento, especialmente frente a nuevos retos colectivos en un mundo cambiante» (Martínez-Torres et al., 2014).

El proyecto semilla inició con la organización de talleres en cinco comunidades (Ixil, Kinchil, Celestún, Dzityá y Sacalum) afectadas por conflictos socioambientales relativos al modelo de desarrollo (energético, turístico, agropecuario, etc.). También se llevó a cabo un taller durante una reunión de la red de la Alianza Peninsular para el Turismo Comunitario.



El equipo estuvo conformado por académicos de instituciones públicas con sede en Mérida (CIESAS, la Facultad de Antropología de la Universidad Autónoma de Yucatán [UADY], la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM] con sede en Sisal, el Instituto Tecnológico de Mérida [ITM] y el Centro de Investigación Científica de Yucatán [CICY]) y un grupo de personas vinculadas a organizaciones de la sociedad y residentes de ejidos con los que se trabajaba (Alianza Peninsular para el Turismo Comunitario y Yansa). Las y los participantes del proyecto contaban con antecedentes de colaboración previa en diversos campos: documentación y denuncia de violaciones a derechos colectivos en comunidades mayas y en Oaxaca, evaluación y monitoreo de impactos socio-ambientales, modelos comunitarios de transición energética, estudio y defensa de recursos compartidos y bienes comunes, etc. La Fundación Yansa, que impulsa desde hace años la EAE, tuvo un papel destacado en la creación de una red de conocimiento en relación con la evaluación, que implica a académicos y organizaciones sociales.

Este proyecto semilla no pasó a la segunda fase de evaluación, por lo cual no logró concluir con la realización de la EAE; no obstante, sentó un importante precedente para el avance que se ha realizado en 2023 en la comunidad de Ixil, donde se espera realizar un ordenamiento ecológico municipal con una robusta participación comunitaria.



#### Bibliografía

Barthe, Y., Callon, M., & Lascoumes, P. (2014). *Agir dans un monde incertain: Essai sur la démocratie technique*. Le Seuil.

Escobar, A. (1998). Whose Knowledge, Whose nature? Biodiversity, Conservation, and the Political Ecology of Social Movements. *Journal of Political Ecology*, 5(1), 53-82. <http://dx.doi.org/10.2458/v5i1.21397>

Leff, E. (2004). Racionalidad ambiental y diálogo de saberes. Significancia y sentido en la construcción de un futuro sustentable. *Polis. Revista de la Universidad Bolivariana*, 2(7). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30500705>

Lobos, V. (2015). La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) como instrumento de gestión ambiental: conceptos, evolución y práctica. En M. del C. Carmona Lara & A. L. Acuña Hernández (Coord.), *La Constitución y los derechos ambientales* (1era. ed., pp. 165-186). Instituto de Investigaciones Jurídicas-UNAM. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/9/4089/12.pdf>

Martínez-Torres, M. E., & Rosset, P. M. (2014). Diálogo de saberes in *La Vía Campesina: food sovereignty and agroecology*. *The Journal of Peasant Studies*, 41(6), 977-997. <https://doi.org/10.1080/03066150.2013.872632>

Torres-Mazuera, G., Deniau, Y., Velázquez-Quesada, S. I., & Flores Rangel, J. A. (2021). Extraer lo (in)productivo de las tierras comunales en el siglo XXI: acaparamiento de tierras y expansión capitalista en la Península de Yucatán. *Revista TRACE*, 80, 138-170. <https://doi.org/10.22134/trace.80.2021.794>

# Una deliciosa ciencia ciudadana en Sabancuy, Campeche

Alejandro Espinoza Tenorio, Jaime Rafael Ruiz Blanco, Dora Elia Ramos Muñoz  
**Palabras clave:** ciencia ciudadana, huachinango y Sabancuy

Si has comido huachinango, seguro recordarás el exquisito sabor de su carne blanca y esa textura tan suave que se deshace fácilmente al primer bocado. Este tipo de pescado fue por mucho tiempo el preferido en México y abundan las recetas para cocinarlo, incluida una de las más tradicionales, que es el zarandeado. En Nayarit, Sinaloa y Jalisco siguen disfrutando de este platillo típico.

En el Golfo de México, la usanza es que el pescado a la veracruzana se haga con huachinango de Castilla o pargo rojo, denominado científicamente como *Lutjanus campechanus*. Esta es una especie carnívora tropical que habita comúnmente en los fondos rocosos de los arrecifes y tiene aletas dorsales ligeramente dentadas. Su carne, es muy preciada por su buen sabor y su alto valor nutricional.



### Un pescado de talla internacional

Por su tamaño y calidad de su carne, el huachinango de Castilla es muypreciado internacionalmente y actualmente sus principales mercados están en el extranjero. Desde puerto de Progreso, Yucatán, cada vez es más frecuente su exportación a lugares como Estados Unidos, lo cual no es resultado solo de su delicioso sabor, sino del precio que se paga al exportar que es de hasta 200 pesos mexicanos por kilogramo.

### Todo por servir se acaba

Aunque la pesca del huachinango de Castilla ha disminuido desde la década de 1990 y la especie está catalogada como vulnerable en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en la actualidad existen signos de estabilidad en algunos estados del Golfo de México. Por ello, el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) está elaborando el Plan de Manejo Pesquero del huachinango del Golfo de México.

El gran reto para ese y cualquier otro instrumento normativo es que la gente lo conozca, lo use y respete. Por ello es necesario saber más sobre la pesca de este tipo de huachinango, pues así se podrán diseñar medidas de manejo más cercanas a la realidad del sector pesquero.

Sin embargo, en México hay poca información creada sistemáticamente sobre el tema. Los biólogos dirían que no hay series de tiempo lo suficientemente largas y robustas para entender los complejos y dinámicos procesos ambientales y socioeconómicos que permitan entender las tendencias de las capturas del huachinango de Castilla.



**INAPESCA**

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA  
Y ACUACULTURA

### PePe Bots, una tecnología para la ciencia ciudadana

En El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) diseñamos una tecnología de *chatbot* sobre WhatsApp, que puede ser usada en todo tipo de celulares. Le llamamos PePe Bots, pues nuestro proyecto se denomina Pesca y Petróleo (dos de las actividades más importantes en la Sonda de Campeche) y Bots significa estero de mar o río en maya.

PePe Bots permite localizar información actualizada del golfo, entre ella el pronóstico del clima regional y por localidades; consultar precios, no solo del huachinango de Castilla sino también de otras especies como el róbalo, camarón y ostión, entre otras. A través de esta herramienta podemos compartir infografías sobre nuestro maravilloso patrimonio pesquero y de los hallazgos del navegar de pescadores, estudiantes e investigadores sobre la Sonda de Campeche.

Y por supuesto, los pescadores y pescadoras participan para construir ciencia colaborativa; por lo que incluimos en PePe Bots, la experiencia para intercambiar datos y fotografías que enriquezcan las investigaciones colaborativas.

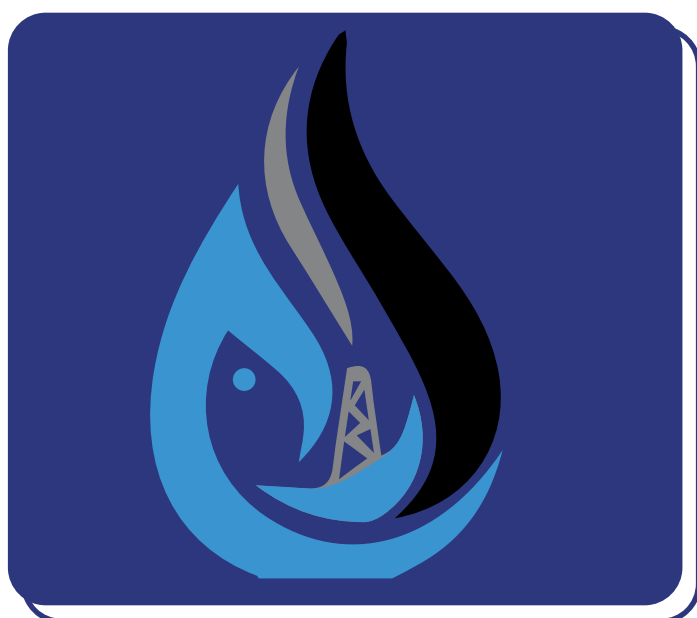
### Huachinangazu

Con PePe Bots realizamos en Sabancuy, Campeche, el 1er. evento virtual por la pesca del huachinango más grande del 27 abril al 22 mayo de 2023. Lo llamamos Huachinangazu y los resultados fueron reveladores.

Gracias a la entusiasta participación de las pescadoras y los pescadores, y en particular de las y los jóvenes, en poco más de tres semanas se registraron 20 ejemplares mayores a 69 cm. En promedio los especímenes registrados pesaron eviscerados 6.4 k y midieron 79.5 m de longitud total (LT).

Participaron 18 embarcaciones con al menos un viaje. Solo dos lanchas alcanzaron a realizar dos viajes, pues cada salida de las lanchas sabancuyeras que van por especies como el huachinango de Castilla, dura de tres a diez días, dependiendo de las condiciones del clima y la rapidez con que encuentren al recurso. Todos los participantes usaron palangre y línea de mano.

Durante el Huachinangazu hubo un par de días de mal tiempo, por lo que los pescadores no salieron o tuvieron que regresar antes a puerto, además de que fue la fiesta del pescador el 4 de mayo. Por cierto, ¡visiten Sabancuy en esas fechas!



Logo de PePe Bots



### ¡Los ganadores!

El ejemplar ganador fue de 85 cm de LT. En el segundo lugar tuvimos un empate por tamaño (ambos 84 cm de LT), por lo que terminó ganando el ejemplar de 8 kg, el tercer lugar lo obtuvo el espécimen de 6.49 kg.

Con herramientas como PePe Bots y eventos como el Huachinangazu tenemos más herramientas para comprender dónde y cómo se está pescando esta especie, a partir de la información directa de quienes pescan. El concurso tenía el objetivo de obtener esta información, así como involucrar a las personas de la pesquería en un proceso de investigación colaborativa. Cada participante que dio sus datos en nuestro concurso nos permitió identificar las mejores áreas de pesca, saber qué artes de pesca utilizan, quiénes los pescan e identificar las longitudes más grandes.

Ese proceso se denomina ciencia ciudadana, en el que comunidad científica y ciudadanía busca ganar-ganar a partir de la generosidad de quienes ofrecen sus datos de pesca para facilitar la comprensión de los procesos ambientales. Los científicos y científicas devolvemos información a pescadores y autoridades para que les ayude a comprender y determinar normas más apropiadas para mejorar la sustentabilidad de la pesca del delicioso huachinango de Castilla. Aún tenemos mucho que aprender unos de otros.

Agradecemos a la comunidad de pescadores y autoridades de Sabancuy; sin su ayuda, nada de esto hubiera sido posible. Por cierto, escriban a PePe Bots (552 917 6414) para saber más sobre la pesca en la Sonda de Campeche. Tal vez el próximo huachinango que coman venga de Sabancuy, Campeche. ¡Buen provecho!





# El pan de polen de la abeja sin aguijón

## *Melipona beecheii*

Harumi Sansores-Caamal, Alejandro Yam-Puc, Jesús Ramón-Sierra, Elizabeth Ortiz-Vázquez

**Palabras claves:** bioactividad; *Melipona beecheii*; pan de polen

### *Melipona beecheii*

*Melipona beecheii* (Fig. 1a), también conocida como la abeja sagrada de los mayas, es un himenóptero que vive en los troncos de ciertos árboles en la península de Yucatán. Las principales características que identifican a esta especie es que no tienen un aguijón funcional, son domésticas y eusociales, con una organización jerárquica dentro de sus colmenas, en las que almacenan diferentes productos naturales.

La abeja reina (Fig. 1b), identificada por su gran abdomen, es la líder de la colmena. Una vez realizado el vuelo nupcial, brindará protección y fortaleza al grupo mediante el control interno de su población. Las crías que van creciendo dentro de las celdas son alimentadas con polen, con la finalidad de que tengan los nutrientes adecuados para un desarrollo óptimo.

El polen, la miel, el propóleo y la cera de *M. beecheii* son fuentes de metabolitos con actividad biológica, utilizados para curar heridas y quemaduras, entre otras diferentes afecciones. Estas propiedades terapéuticas dependen tanto de la selección de las plantas que visitan, así como de los componentes propios que las abejas secretan y agregan a sus productos (Ortiz-Vázquez et al., 2013).



Figura 1. a) *Melipona beecheii*, b) abeja reina dentro de la colmena.



### El pan de polen

Es la principal fuente de proteínas para los meliponinos. Para la elaboración del pan de polen, las abejas apelmazan en sus corbículas los granos recolectados. Su saliva es la fuente que proporciona al polen enzimas como amilasas y glucosidasas, néctar y gran parte de su microflora. Posterior a ello, la masa de polen es transportada hacia los potes de cera localizados dentro del jobón (tronco hueco utilizado para la domesticación de la abeja), en donde se almacenan y sellan para pasar por un proceso de fermentación ácido-láctica (Mohammad et al., 2021).

Los procesos bioquímicos que las abejas utilizan para la creación del pan de polen (Fig. 2) le confieren a este producto natural propiedades fisicoquímicas, organolépticas y nutricionales únicas. La gran versatilidad de sus metabolitos primarios (lípidos, proteínas y carbohidratos) y secundarios (polifenoles, vitaminas, entre otros) son los responsables de sus propiedades bioactivas, entre los que se encuentran la capacidad antioxidante y antimicrobiana (Silva et al., 2009; Santa Bárbara et al., 2021).

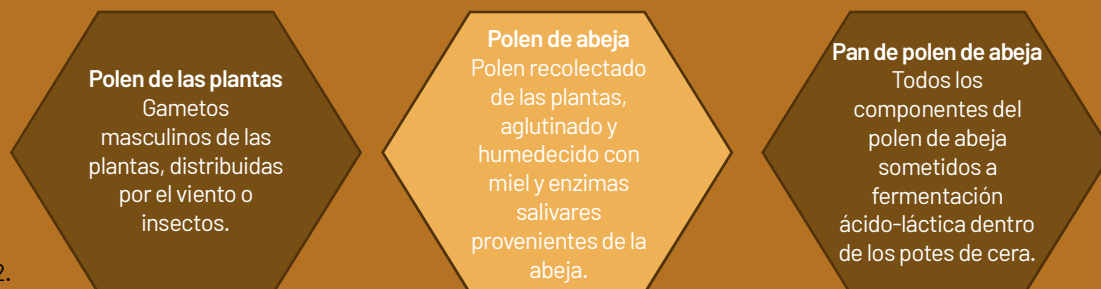


Figura 2.

La calidad del pan de polen es proporcionada de acuerdo a las etapas de crecimiento de las larvas y las necesidades de la colmena para hacer frente a las condiciones adversas. Por lo antes mencionado, la abeja *M. beecheii* selecciona cuidadosamente las flores a pecorear, con las cuales elabora el pan de polen (Quezada-Euán et al., 2011; Pech-May et al., 2012).

Dentro de los trabajos de investigación del Laboratorio de Microbiología Aplicada y Molecular (LMAM) del Tecnológico Nacional de México (campus Mérida) se observaron los principales taxones botánicos encontrados en el pan de polen proveniente de muestras recolectadas en Yucatán y Quintana Roo (Fig. 3). Las morfologías de los granos de polen de diferente origen botánico provienen de plantas nativas de las regiones geográficas antes mencionadas (Fig. 4).

Figura 3. Potes de polen de *M. beecheii* recolectados en Yucatán y Quintana Roo.



Lo señalado en el párrafo anterior coincide con los reportes de Villanueva y colaboradores (2018), donde se documentó que, de 850 especies de plantas en un área delimitada del estado de Quintana Roo, la abeja *M. beecheii* pecoreó únicamente 68 de estas. Por lo que, la citada investigación demuestra la alta selectividad que tienen estas abejas sin aguijón al momento de su pecoreo.

En la cultura maya se valoran las plantas nativas de la región, ya que estas poseen propiedades con aplicaciones curativas utilizadas en la medicina tradicional. Dado que las biomoléculas que se obtienen de las plantas son aprovechadas y transformadas por las abejas, sus características medicinales guardan relaciones intrínsecas, las cuales se dejan apreciar en las actividades biológicas atribuidas al pan de polen de esta especie.

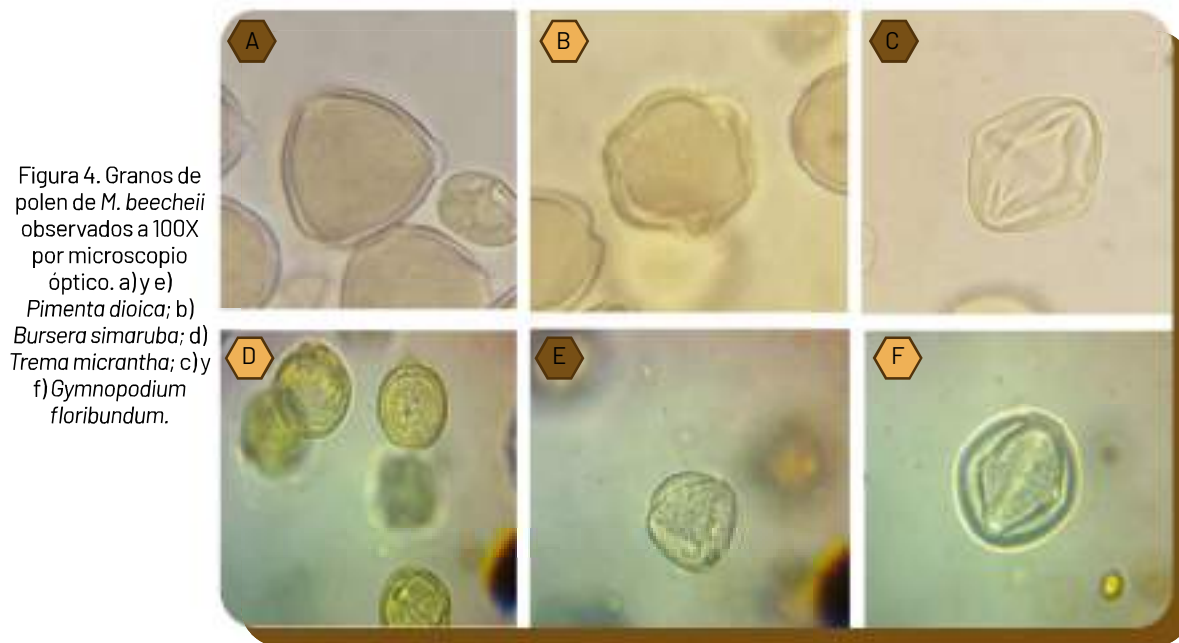
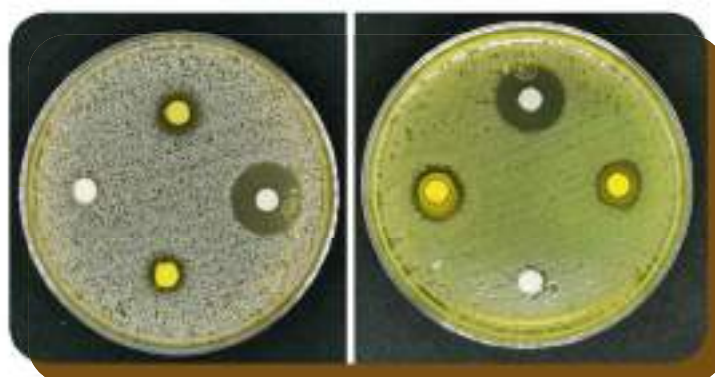


Figura 4. Granos de polen de *M. beecheii* observados a 100X por microscopio óptico. a) y e) *Pimenta dioica*; b) *Bursera simaruba*; d) *Trema micrantha*; c) y f) *Gymnopodium floribundum*.

### Bioactividad del pan de polen

El pan de polen ha sido reconocido por su potencial antioxidante al estabilizar radicales libres. Esto lo hace benéfico para la salud protegiendo los sistemas biológicos frente al estrés oxidativo, que puede prevenir enfermedades neurodegenerativas, arteriosclerosis, diabetes y envejecimiento prematuro. Por lo antes mencionado, este producto de la colmena podría ser un excelente principio terapéutico que prolongue la calidad de vida humana. En algunas de las comunidades del estado de Yucatán el pan de polen es combinado con la miel de esta abeja nativa y utilizado como coadyuvante para diversas enfermedades, además, este producto de la colonia de abejas es utilizado como suplemento alimenticio en niños de estas comunidades para prevenir la desnutrición.

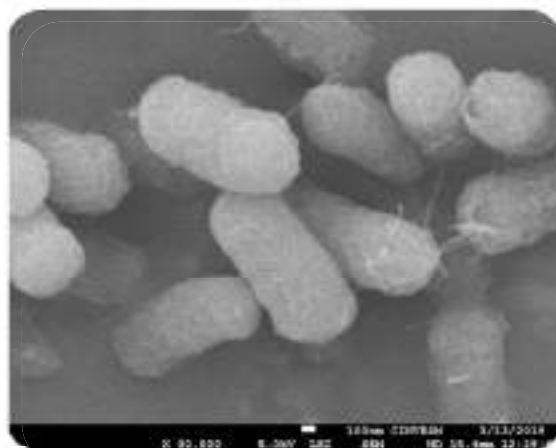
Figura 5. Actividad antibacteriana contra a) *S. aureus*, b) *P. aeruginosa* determinada por difusión en disco de un extracto etanólico del pan de polen de *M. beecheii*.



Por otro lado, hay estudios que reportan que el pan de polen contiene metabolitos, cuyo efecto antibacteriano desencadena inhibiciones en el crecimiento de bacterias patógenas (Fig. 5). Un ejemplo de esto, lo representa la actividad antimicrobiana frente a bacterias nosocomiales que atacan a pacientes inmunocomprometidos. Así mismo, en trabajos realizados en el LMAM, con extractos etanólicos provenientes del polen de *M. beecheii*, se ha evidenciado actividad antibacteriana frente a bacterias de gran importancia médica, como: *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella Typhimurium* (Fig. 5). También se ha demostrado la actividad antibiofilm de extractos proteicos obtenidos del pan de polen de *M. beecheii* (Fig. 6).

Como se mencionó previamente, el proceso de elaboración del pan de polen abarca varias etapas. Sus procesos unitarios son supervisados por las abejas *M. beecheii*, las cuales resguardan en este producto nutricional más de 250 compuestos que le confieren múltiples bioactividades (Mohammad et al., 2021). Por lo que la preservación de esta especie, las investigaciones sobre sus productos y la difusión de los conocimientos generados son de gran valor cultural y científico.

Figura 6.  
Micrografía de *P. aeruginosa* tratada con un extracto proteico del pan de polen de *M. beecheii*.



#### Agradecimientos

M. en C. Martha Patricia Calderón Martínez y Edgar Alexander Euan Ek por las fotografías proporcionadas.

#### Referencias bibliográficas

Mohammad, S. M., Mahmud-Ab-Rashid, N. K., & Zawawi, N. (2021). Stingless bee-collected pollen (Bee Bread): Chemical and microbiology properties and health benefits. *Molecules*, 26(4), 957.

Ortiz-Vázquez, E., Cuevas-Glory, L., Zapata-Baas, G., Martínez-Guevara, J., & Ramón-Sierra, J. (2013). Which bee honey components contribute to its antimicrobial activity? A review. *African Journal of Microbiology Research*, 7(51), 5758-5765.

Pech-May, F. G., Medina-Medina, L., de May-Itzá, W. J., Paxton, R. J., & Quezada-Euán, J. J. G. (2012). Colony pollen reserves affect body size, sperm production and sexual development in males of the stingless bee *Melipona beecheii*. *Insectes Sociaux*, 59(3), 417-424.

Quezada-Euán, J. J.G., López-Velasco, A., Pérez-Balam, J., Moo-Valle, H., Velazquez-Madrado, A., & Paxton, R. J. (2011). Body size differs in workers produced across time and is associated with variation in the quantity and composition of larval food in *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera, Meliponini). *Insectes Sociaux*, 58(1), 31-38.

Santa Bárbara, M. F., Moreira, M. M., Machado, C. S., Chambó, E. D., Pascoal, A., de Carvalho, C. A. L., ... & Estevinho, L. M. (2021). Storage methods, phenolic composition, and bioactive properties of *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* pollen. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 99-107.

Silva, Tania M.S., Camara, C. A., Lins, A. C. S., Agra, M. de F., Silva, E. M. S., Reis, I. T., & Freitas, B. M. (2009). Chemical composition, botanical evaluation and screening of radical scavenging activity of collected pollen by the stingless bees *Melipona rufiventris* (Uruçu-amarela). *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 81(2), 173-178. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652009000200003>

Villanueva-Gutiérrez, R., Roubik, D. W., Colli-Ucán, W., & Tuz-Novelo, M. (2018). The value of plants for the Mayan stingless honey bee *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini): A pollen-based study in the Yucatán Peninsula, Mexico. In *Pot-pollen in stingless bee melittology* (pp. 67-76). Springer, Cham.

# Responsabilidad social en las microempresas de Yucatán

Irazú Guadalupe Baeza-Cornel, Hermila Andrea Ulibarri-Benítez,  
Andrés Miguel Pereyra-Chan

**Palabras clave:** microempresas, responsabilidad social, sustentabilidad.

En la actualidad, la responsabilidad social tiene una relevancia crucial debido a que las microempresas desempeñan una función esencial en la sociedad y su compromiso con el medio ambiente es cada vez más valorado por los consumidores y otros actores relevantes. Además, la implementación de prácticas socialmente responsables puede mejorar la imagen corporativa y la competitividad, así como aumentar la lealtad de los consumidores y empleados. En un mundo donde el cuidado del medio ambiente y de la sociedad son cada vez más importantes, las empresas que se comprometen con la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) tienen la oportunidad de contribuir a un mundo más sostenible y equitativo.



### Responsabilidad social en Yucatán

Anteriormente se creía que la única responsabilidad de las empresas era generar ganancias financieras; sin embargo, hoy en día, esa concepción se considera insuficiente ante la sociedad. En la actualidad se reconoce que también es responsabilidad de las empresas la importancia del impacto de sus actividades y cómo afectan, tanto positiva como negativamente, la calidad de vida de sus empleados y de las comunidades en las que operan (Cajiga, s.f.).

Ante ello, la importancia de la responsabilidad social no solo incumbe a las grandes y medianas empresas, también es importante como ventaja competitiva en las microempresas.

Como menciona Hernández et al., (2018) la búsqueda de integración comercial competitiva ha llevado a las empresas a implementar estrategias de RSE de manera voluntaria, lo que ha generado un compromiso con su entorno y ha mejorado su reputación entre la comunidad. Esto puede ayudar a fortalecer su permanencia en el mercado y aumentar su aceptación entre los consumidores.

La responsabilidad social en los talleres artesanales puede ser vista como una ventaja competitiva en varios aspectos: al implementar prácticas responsables que aseguran la permanencia de los recursos utilizados se crea una imagen positiva para la empresa y se gana la lealtad de los clientes que valoran la sustentabilidad y la responsabilidad social.



### Concepto de responsabilidad social

Camilo y Salazar (2008) afirman que se ha llegado a un acuerdo general de que la responsabilidad social empresarial no se limita a cumplir con las leyes, sino que va más allá de lo establecido en los marcos legales, abarcando el entorno social en el que la empresa debe operar.

Se puede entender la responsabilidad social empresarial como un reflejo de la empresa y parte integral de su identidad, ya que representa los valores, filosofía y modo de operación de la organización. La RSE es fundamental para mantener los más altos estándares éticos, morales y legales dentro de la empresa y sirve como apoyo para su crecimiento, mantenimiento y estabilidad. Todo esto se plasma en la visión y misión de la organización (Rueda, 2017).

La responsabilidad social empresarial contribuye a crear una cultura empresarial sólida al fomentar la identidad y el sentido de pertenencia de los empleados a la organización, lo que a su vez fortalece la relación entre empleados y empresa, aumentando la lealtad (Ortiz, 2013).

### Responsabilidad social en las microempresas

Los microempresarios reconocen la importancia de aplicar los principios de la responsabilidad social como una obligación ética para todas las organizaciones, dado que estos principios no se basan en la ley, sino que son estándares internacionales que deben ser cumplidos y adoptados como una estrategia de negocios para destacarse en el mercado en el que operan (González & López, 2014).

De acuerdo con Mellado (2009), la falta de profesionalización en la gestión empresarial y en las comunicaciones es un problema crucial que muchas PyMEs latinoamericanas aún deben superar en la región. Como resultado, la responsabilidad social empresarial a menudo se considera un tema marginal y mal comprendido dentro de estas empresas.

Aunque la responsabilidad social empresarial suele asociarse principalmente con las grandes empresas, las PyMEs tienen características y dinámicas de negocio propias que les permiten lograr significativos avances e innovaciones en este ámbito. Aunque estos logros pueden no estar formalmente sistematizados ni integrados dentro del enfoque de RSE, es posible entenderlos a través de un proceso adecuado de concientización, capacitación, implementación, medición y ajuste, es decir, a través de un modelo efectivo de gestión y liderazgo (Reyes, s.f.).



En el Instituto Tecnológico de Mérida se están llevando a cabo investigaciones en micronegocios pertenecientes a diversas comisarías de Mérida, en los que se han identificado prácticas de RSE que pueden ser identificadas como ventajas competitivas.

Por ejemplo, la Fundación del Empresariado Yucateco (FEYAC, 2023), incentiva a las empresas de todos los tamaños (micro, pequeñas, medianas y grandes) a explorar los beneficios de abordar la RSE desde su propia esfera privada, y reciben apoyo para alcanzar los estándares deseados en colaboración con otras empresas para impulsar el crecimiento regional.



#### Referencias

- Cajiga, J. (s.f.). EL CONCEPTO DE RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL. Retrieved May 19, 2023, from [www.empresa.org](http://www.empresa.org).
- Camilo, J., & Salazar, R. (2008). Agosto de 2003, Hacienda Pública-Sexta Edición, febrero de 2003,-Alegato por Colombia, 2002-Economía y Conflicto Colombo Peruano, 2001-Itinerario de la Recuperación Económica, 2000-Hacienda Pública-Primera Edición 1192, Quinta Edición, 2000-Memoria de hacienda.
- FEYAC. (2023). Fundación del Empresariado Yucateco A.C. Retrieved May 31, 2023, from <https://www.feyac.org.mx/nosotros.php>.
- González, M. C., & López, M. L. (2014). Responsabilidad social desde la microempresa comercial Social responsibility from the commercial microcompany Responsabilidade social desde a microempresa comercial. *Revista OIKOS*, 37, 105-126.
- Hernández, A., Cuevas, R., & Gómez, R. (2018). La responsabilidad social empresarial como factor de competitividad en la micro empresa mexicana. [http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Vinculategica\\_4\\_2/31%20HERNANDEZ\\_TELLEZ\\_DURAN.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Vinculategica_4_2/31%20HERNANDEZ_TELLEZ_DURAN.pdf).
- Mellado, C. (2009). Responsabilidad Social Empresarial en las Pequeñas y Medianas Empresas latinoamericanas. *Revista de Ciencias Sociales*, 15(1), 24-33. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-95182009000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182009000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
- Ortiz, D., & Piedad, N. (2013). Sistema de Información Científica. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, IX, 121-131. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409633954009>
- Reyes, J. (s.f.). La responsabilidad social en las Pymes, un concepto lejano o una realidad. Universidad Anáhuac | México Norte - Programa de Responsabilidad Social Empresarial Anáhuac-IDEA-BID.
- Rueda, J. (2017). LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL COMO ESTRATEGIA QUE CONTRIBUYE AL ÉXITO CORPORATIVO. <https://www.researchgate.net/publication/333881475>.



# La Carpeta Digital Ciudadana

Dr. Jorge Rivero Evia

**Palabras clave:** derechos humanos, internet, energía eléctrica, políticas públicas, constitución, carpeta ciudadana

El Constitucionalismo ha asumido un compromiso con la protección a los derechos y a la dignidad humana, concibiendo al principio *pro persona* como el eje para su implementación y generar las opciones más favorables para el eficaz ejercicio de los derechos (Coello, 2016).

A su vez, los derechos humanos en su devenir progresivo paulatinamente incrementan el patrimonio jurídico de las personas. El Estado reconoce poco a poco nuevas prerrogativas ciudadanas.

Dos de aquellas, de reciente cuño, son el acceso a la energía eléctrica (Semana Judicial de la Federación, 2018) y el acceso al internet (Constitución de Yucatán, 2022). Su idea de la dignidad humana, sobre la base de la ética pública de la modernidad y que se realiza socialmente a través de los Derechos Económicos, sociales, culturales y ambientales (DESCA).

Dicha potenciación jurídica, precisamente con ocasión al reconocimiento de derechos derivados del progreso tecnológico, nos hacen en primer orden, mutar hacia una ciudadanía digital que trasciende a la moderna visión del ciudadano económico, estatal y mundial (Höffe, 2007).

Dentro de esos desarrollos, se advierte la denominada ***Carpeta Digital Ciudadana***.



### Los DESCA

Con la Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH), las Naciones Unidas iniciaron un proceso de adopción de instrumentos sobre derechos. La entrada en vigor del Pacto Internacional sobre Derechos Civiles y Políticos (PIDCP) y del Pacto Internacional sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales en 1976 (PIDESC), marcó un hito en el desarrollo del sistema.

El PIDESC es un instrumento internacional. O sea, cuando un Estado lo ratifica se compromete a garantizar el ejercicio de los derechos ahí referidos. Aquel reconoce el *derecho a un nivel de vida adecuado*, y "el derecho a gozar de los beneficios del progreso científico". En la región, son contemplados en la Convención Americana sobre Derechos Humanos (CADH) y en el Protocolo de San Salvador (PSS).

### Políticas públicas

Las políticas públicas son acciones del gobierno para prevenir o solucionar problemas públicos. Se verifican por autoridades, agentes privados y sociedad civil (Burgorgue, et. al., 2014).

Son uno de los instrumentos con los que cuenta el Estado para desarrollar su actividad y alcanzar el bienestar.

El Estado de nuestros días busca alcanzar los fines que la Constitución y la propia realidad social le demandan.

Así, los artículos 25 y 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), disponen que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional, organizando un sistema de planeación democrática.

La política pública es categoría general con la que se aborda el análisis de la acción estatal, acorde a un enfoque basado en derechos, estos regularmente extraídos de la Constitución y de los tratados. Enseguida emergen de ello los DESCA.

Si el acceso a la energía eléctrica y al internet conllevan el reconocimiento como derechos humanos en nuestra región, todo lo que se les deriva potencia a la dignidad humana, como es el caso de la *Carpeta Digital Ciudadana* que se ha incardinado dentro de las políticas públicas de ciencia y tecnología.



## La Carpeta Ciudadana

La Carpeta Ciudadana es un nuevo entorno interaccional entre autoridades y ciudadanos. Cada usuario puede definir la Carpeta con los temas que sean de su interés, verá sus datos de empadronamiento, tributos y demás gestiones sin desplazarse a las dependencias.

En 2018 España creó la Carpeta Ciudadana para simplificar la relación con la Administración a través de internet, que unificaba la información de procedimientos y trámites.

En la página web de *L'Hospitalet* (Barcelona, España), se enuncian las utilidades de la Carpeta ([https://seuelectronica.l-h.cat/190967\\_2.aspx](https://seuelectronica.l-h.cat/190967_2.aspx)).

En Colombia, también se ha implementado la referida Carpeta (<https://carpetaciudadana.and.gov.co/>).

Entre nosotros, el Gobierno del Estado de México incluye una especie de Carpeta Electrónica ([https://edomex.gob.mx/tramites\\_servicios](https://edomex.gob.mx/tramites_servicios)).

¿La Carpeta Digital en México y específicamente en Yucatán?

México debe procurar que su desarrollo sea integral y sustentable, que fortalezca la soberanía de la nación y su régimen democrático.

La democracia está expresamente vinculada con los DESCAs; (artículo 3º, fracción II, inciso "A" de la CPEUM), pues considera a la democracia como un sistema de vida fundado en el constante mejoramiento económico, social y cultural del pueblo.

Por tanto, las políticas públicas habrán de comprender las innovaciones tecnológicas como el acceso a la energía eléctrica y al internet, que son el camino hacia una ciudadanía digital.

La Carpeta Digital sería una herramienta para mejorar nuestra calidad de vida.



En ese contexto, se ha elaborado en nuestro país el Índice de Desarrollo Digital Estatal (IDDE®), que ofrece un diagnóstico del desarrollo digital de los estados.

Yucatán arroja según el índice 2021 ([https://cmd-site-files.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/09/29230804/IDDE\\_Yucata%CC%81n\\_CMD\\_2021.pdf](https://cmd-site-files.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/09/29230804/IDDE_Yucata%CC%81n_CMD_2021.pdf)), los siguientes datos:

a) **Posición en el IDDE.** Se encuentra ubicado en la posición once dentro del grupo Avanzado

b) **Fortalezas.** En Infraestructura destaca en conexiones de banda ancha fija con fibra óptica, ocupando el tercer lugar.

c) **Áreas de oportunidad.** Ocupa la última posición del grupo Avanzado en asequibilidad de teléfono inteligente. En asequibilidad de los servicios digitales se encuentra en penúltimo lugar del grupo. En Digitalización de las personas y la sociedad, es el último lugar en la penetración de tarjeta de débito, con una puntuación por debajo del promedio. En el porcentaje de mujeres graduadas en carreras STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), ocupa el número 24 a nivel nación.

d) **Recomendaciones.** Para incrementar el uso de medios electrónicos de pago, Yucatán podría buscar impulsar programas de educación financiera y bancarización, y fomentar que los establecimientos y servicios acepten tarjetas de débito/crédito y otros medios de pago electrónico.

Así pues, Yucatán tiene un camino andado hacia la digitalización; por tanto, atendiendo al grado de avance denotado, estaría a unos cuantos pasos de hacer realidad la Carpeta Digital Ciudadana.

¡No más vueltas!

## Bienvenido a Carpeta Ciudadana Digital

Consulta los resultados de tus trámites con entidades del Estado colombiano en un solo lugar

**Regístrate a través** del servicio de **Autenticación Digital** y empieza a disfrutar de todos los beneficios que trae tu **Carpeta Ciudadana**

¡Regístrate!

### REFERENCIAS

Burgorgue-Larsen, Laurence; Maués, Antonio; Sánchez Mojica, Beatriz Eugenia (Coords.) Derechos humanos y políticas públicas. Manual. Barcelona, Red de Derechos Humanos y Educación Superior, 2014.

Coello Garcés, Clicerio. Repensar la ciudadanía. Derechos políticos de las minorías y grupos vulnerables. México, Tirant lo Blanch, 2016.

Höffe, Otfried. Ciudadano económico, ciudadano del Estado, ciudadano del mundo. Ética política en la era de la globalización. Buenos Aires, Katz, 2007.

Índice de Desarrollo Digital Estatal (Yucatán), 2021: [https://cmd-site-files.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/09/29230804/IDDE\\_Yucata%CC%81n\\_CMD\\_2021.pdf](https://cmd-site-files.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/09/29230804/IDDE_Yucata%CC%81n_CMD_2021.pdf)

Semanario Judicial de la Federación. Décima Época Núm. de Registro: 2018528 Instancia: Tribunales Colegiados de Circuito. Tesis Aislada Fuente: Libro 61, Diciembre de 2018, Tomo II, Materia(s): Constitucional, Común, Tesis: I.3o.C.100 K (10a.), Página: 959.

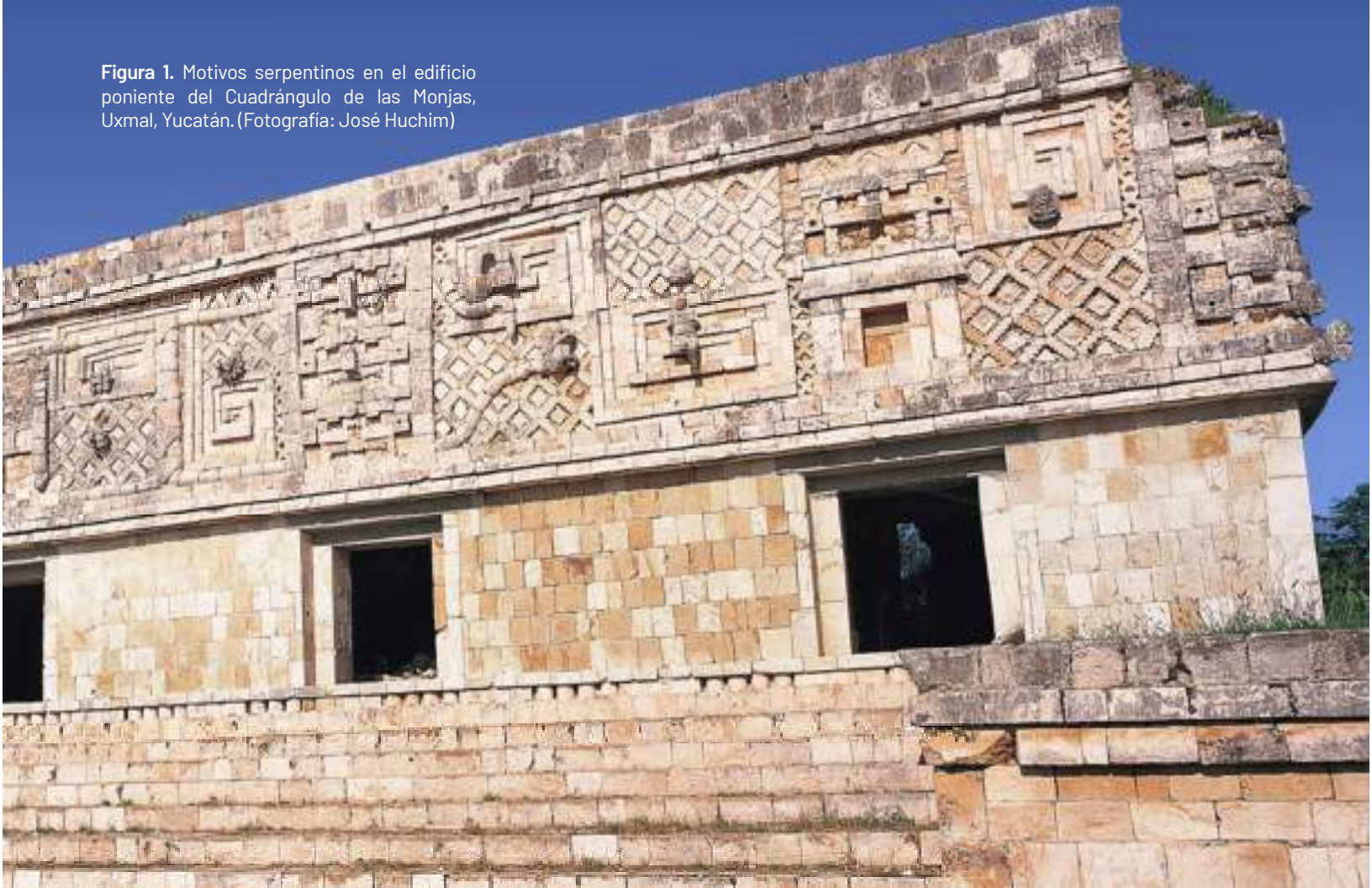
# Lesiones por mordedura de serpiente en la península de Yucatán

Ricardo Méndez-Molina, Ailed Karola Villela Oriza, Andrea Ariadne Espinosa Couoh, Carlos David Franco González, Oswaldo Huchim-Lara.

**Palabras clave:** mordeduras de serpientes, enfermedad desatendida

Desde la época prehispánica, las serpientes han formado parte de la vida de los habitantes de la península de Yucatán. Su importancia en la civilización maya quedó constatada en los complejos arquitectónicos, como el Cuadrángulo de las Monjas de Uxmal y el Castillo de Chichén-Itzá (Figura 1). Sin embargo, actualmente, las mordeduras de serpiente han cobrado especial relevancia como un problema de salud pública.

**Figura 1.** Motivos serpentinos en el edificio poniente del Cuadrángulo de las Monjas, Uxmal, Yucatán. (Fotografía: José Huchim)



### Panorama de los accidentes por mordedura de serpiente.

En el mundo, cada año ocurren más de 5 millones de mordeduras de serpientes; de ellas, 2.7 millones terminan en envenenamientos, 400 mil sufren discapacidad y más de 100 mil fallecen, siendo en los países pobres y en ocupaciones como la agricultura y la ganadería en donde ocurren con mayor frecuencia (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021; Gutiérrez et al., 2017). Las mordeduras por serpiente son una de las 20 enfermedades desatendidas que amenazan a más de un billón de personas de comunidades pobres de regiones tropicales, y representan importantes costos para los países (OMS, 2021). Los costos por mordeduras alcanzan los 5 millones de dólares por año y corresponden a la atención médica y a la pérdida de productividad.

Brasil, México y Colombia son los países con más casos de mordeduras. México se encuentra entre los primeros lugares en diversidad de serpientes con 439 especies, de las cuales, 70 tienen un veneno potencialmente mortal. En la península de Yucatán se encuentran 58 especies, siendo las más relevantes por la peligrosidad de su veneno el cantil (huolpoch), la nauyaca terciopelo (cuatro narices), la víbora de cascabel (tzaab kaan), la nauyaca nariz de cerdo yucateca (chac-cam), y la coralillo (Bolon et al., 2019; Neri-Castro et al., 2014). La distribución por municipio de estas serpientes se presenta en la Figura 2 (CONABIO, 2019).



**Figura 2.** Casos de mordeduras de serpiente en la península de Yucatán y distribución de las principales especies (Elaboración propia con datos de la CONABIO, 2019)

Serpiente coralillo

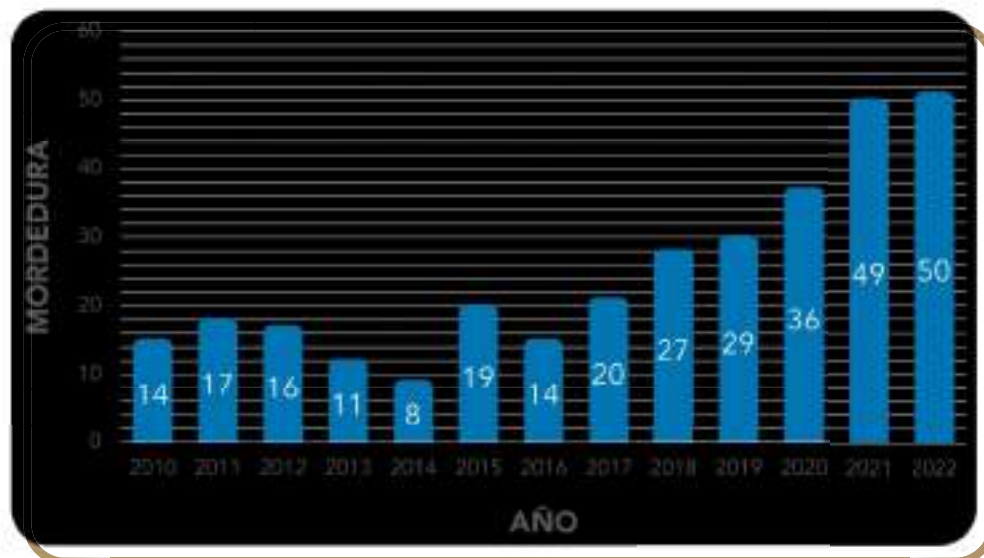


**Investigación de problemas de salud en la formación universitaria.**

Dada la importancia de las mordeduras por serpientes y en el marco del verano de la investigación científica y tecnológica 2022 de la Universidad Marista de Mérida, cuyo objetivo es fomentar la participación universitaria en el campo de la investigación y la atención de problemas que aquejan a la sociedad, se analizó información pública disponible en la Dirección General de Información en Salud de la Secretaría de Salud sobre lesiones por contacto traumático con serpientes en la península de Yucatán entre los años 2010 y 2022.

En dicho análisis se encontraron 310 casos por contacto traumático con serpientes (figura 3), pero, llama la atención el incremento de los casos con el paso de los años y durante el período de lluvias (64 % de los contactos), lo cual, podría estar relacionado con el período de reproducción y la búsqueda de alimento o refugio por la serpiente. Por entidad, Campeche registró el mayor número de contactos con serpientes (158), seguido de Quintana Roo (106) y Yucatán (46). Los municipios con más casos fueron Champotón (69), Cancún (49), y Hopelchén (31), localidades en donde predominan la cantil, la chac-cam y la cascabel, respectivamente (figura 2). Los hombres (68 %) fueron más afectados que las mujeres (32 %) tal como sucede en otras regiones. Cerca de la mitad de los accidentes fueron en personas entre 10 y 29 años. Las áreas del cuerpo en donde mayormente ocurrieron las mordeduras fueron en los miembros inferiores (muslo, pierna y pie) y en la mano, con el 58% y el 21% de los casos, respectivamente (figura 4), tal vez relacionado con las actividades desarrolladas por las personas. El contacto con las serpientes tuvo lugar principalmente en la casa (32%) y en el lugar de trabajo (17%) como granjas y zonas agrícolas. De los afectados que fueron ingresados en algún hospital, cerca de la mitad no contaban con ningún seguro, y el 80% no recibió atención médica previo a la hospitalización, afortunadamente ninguno falleció.

Este estudio empleó información sobre lesiones que requirieron atención médica en un centro de salud, por lo que es posible que existan más casos de los reportados; por ejemplo, en las actas de defunción se reportan 18 fallecimientos pero ninguna en los registros hospitalarios; esta misma discordancia podría presentarse con el número de casos.



**Figura 3.** Mordeduras por serpiente por año en la Península de Yucatán (Elaboración propia)

### Prevención y atención de los accidentes por mordeduras de serpientes.

La OMS (2017), para reducir la mortalidad y discapacidad hacia 2030, planteó empoderar y promover la participación de las comunidades, garantizar tratamientos seguros y eficaces, fortalecer a los sistemas de salud y, fomentar alianzas y aumentar recursos. Para el cumplimiento de dichos objetivos, y de acuerdo con los hallazgos de este estudio, es importante que las personas estén informadas sobre el manejo de una mordedura de serpiente. La persona afectada debe ser trasladada lo más pronto al centro de salud más cercano que cuente con antiveneno para limitar el daño y mejorar el pronóstico, identificar si es posible la especie involucrada sin capturarla ni manipularla (una fotografía ayuda), evitar realizar cortes en la piel (esto puede diseminar más el veneno), no succionar el veneno ni aplicar torniquetes, hielo o choques eléctricos. El tratamiento del envenenamiento se basa en el control de los síntomas y en la administración de antídoto, cuya dosis deberá determinarse en un centro de salud (Adhanom, 2019). Es importante que los residentes o visitantes de áreas en donde exista un riesgo de contacto con serpientes identifiquen los centros de salud cercanos que cuenten con antídoto, conozcan cuáles son las especies venenosas endémicas, así como, prevengan usando vestimenta acorde con la actividad a realizar que proteja apropiadamente al trabajador.

En Yucatán, las personas agredidas por serpientes son trasladadas desde una unidad médica a algunos de los hospitales de la red de atención de intoxicación por mordeduras de serpientes localizados en Mérida (Hospital Agustín O'Horán), Umán, Progreso, Yobain, Kantunil, Tizimín, Valladolid, Ticul, Tekax (Centro de Salud y Hospital General), Peto, Teabo (Secretaría de Salud, s.f.).



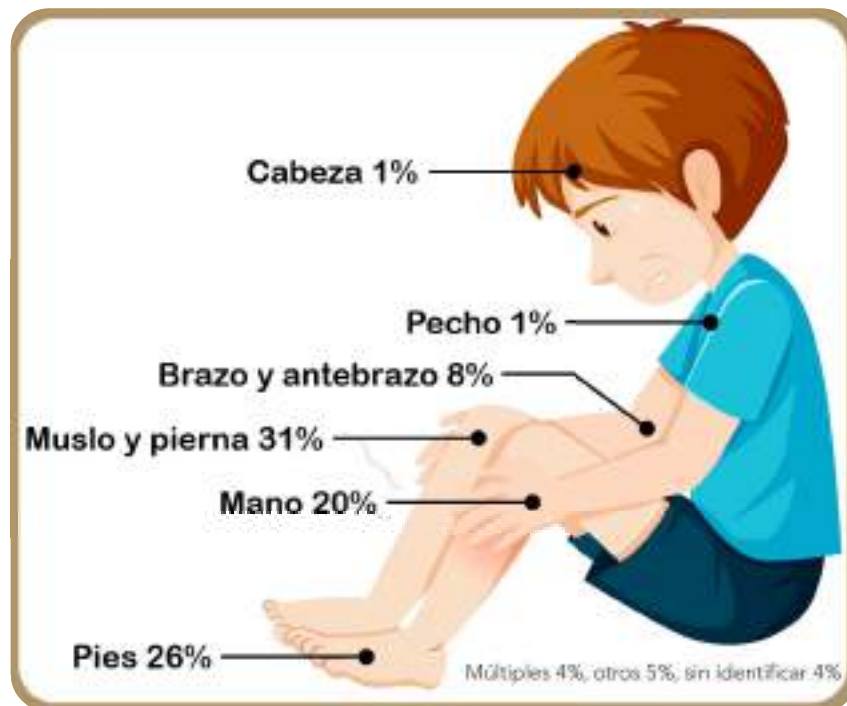
Víbora de cascabel  
(Tzaab kaan)



Nauyaca nariz de cerdo yucateca  
(Chac-cam)



Las serpientes han sido tanto veneradas como despreciadas en diversas culturas, esto ha llevado tanto a su protección como a su persecución; sin embargo, es importante recordar que cumplen una función importante en los ecosistemas, por lo tanto, es importante informarse para prevenir y saber qué hacer en caso de un contacto con serpientes.



**Figura 4.** Sitios más frecuentes de ocurrencia de mordeduras de serpientes (Designed by brgfx / Freepik)

#### Referencias.

- Adhanom, T. (16 de mayo de 2019). Snakebite envenoming: A strategy for prevention and control. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241515641>
- Bolon, I., Finat, M., Herrera, M., Nickerson, A., Grace, D., Schütte, S., et al. (2019) Snakebite in domestic animals: First global scoping review. *Preventive Veterinary Medicine*, 170:104729. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104729>
- Neri-Castro, E. E. N., Bénard-Valle, M., Alagón, A., Gil, G., de León, J. L., & Borja, M. (2020). Serpientes Venenosas en México: Una Revisión al estudio de los venenos, los antivenenos y la epidemiología. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3(2), 5-22
- Neri-Castro, E. E., Bénard Valle, M., & Alagón Cano, A. (2014). Reptiles venenosos en México. *Revista Digital Universitaria*, 15(11). Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num11/art86/index.html>.
- CONABIO. (2019). Diccionario de datos. Ejemplares publicados en el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, versión 2019-06 México, 87 p. <http://www.snib.mx/ejemplares/docs/CONABIO-SNIB-DiccionarioDatosEjemplaresGeoportal-201906.pdf>
- Gutiérrez, J.M., Calvete, J.J., Habib, A.G., Harrison, R.A., Williams, D.J., Warrell, D.A. (2017). Snakebite envenoming. *Nature Review Disease Primers*, 3(1):17063. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.63>
- Organización Mundial de la Salud. (17 de mayo de 2021). Snakebite envenoming. Key Facts. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/snakebite-envenoming>
- Organización Mundial de la Salud. (2017) Neglected Tropical Diseases. Snakebite envenoming Disponible en: [https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab_1)
- Secretaría de Salud (s.f.) Atención de intoxicaciones por mordedura de animales ponzoñosos. Servicios de Salud de Yucatán. [https://www.yucatan.gob.mx/ciudadano/ver\\_programa.php?id=118](https://www.yucatan.gob.mx/ciudadano/ver_programa.php?id=118)

# El relieve de la Sierrita de Ticul: el balcón de Yucatán

José Ramón Hernández Santana, Ana Patricia Méndez Linares, José Antonio Quintero Pérez.

**Palabras clave:** geomorfología, relieve, karst, Sierrita de Ticul, Yucatán.

La Península de Yucatán, en su conjunto, está constituida por una amplia y extensa plataforma de rocas carbonatadas y calcáreas de edades que fluctúan entre el Paleógeno y el Cuaternario (SGM, 2007, 2019), configurada por una estrecha franja de sedimentos jóvenes poco consolidados del Holoceno tardío (últimos 4 200 años), tanto de origen marino, como eólico, lagunar y palustre, a lo largo de su periferia costera.

Por su historia, estructura y constitución geológicas esta región siempre se ha considerado con una tectónica relativamente estable, con pocas deformaciones del subsuelo durante el Cenozoico (últimos 65 millones de años) (De Cserna, 1990), lo que también se refleja en el aspecto llano y alomado de su relieve. Sin embargo, algunas expresiones de las siluetas de su superficie evidencian que la actividad tectónica ha jugado un papel importante en su formación, como ocurre con la Sierrita de Ticul, unos 60-80 km al sur de la ciudad de Mérida, y también en zonas de Quintana Roo, donde Seele (2001) reportó la presencia de zonas elevadas en bloques, a lo largo de la falla Río Hondo-Bacalar, que rompen la generalizada apariencia plana de tan atractivo territorio. Un reconocimiento de los autores por la laguna de Chichankanab reveló también diferencias altitudinales entre el relieve a ambos lados del cuerpo de agua, donde el margen occidental es plano y más bajo, y el oriental más alto y alomado.



Es importante señalar, que el relieve es el resultado de la interacción entre procesos edificadores (tectónica, vulcanismo, sismicidad) y modeladores (disolución kárstica, erosión fluvial, abrasión marina, entre muchos) y sus formas acumulativas. Bajo esta óptica, el origen inicial del modelado superficial de la península está estrechamente ligado a las variaciones del nivel medio del océano durante las glaciaciones del Cuaternario (últimos 2.5 millones de años) y a la acción del oleaje, por ello el origen primario o inicial de las llanuras peninsulares es abrasivo marino, entendiendo a la abrasión como el proceso de desgaste y destrucción de las rocas por las olas. En el presente y en las acuatorias marinas, una extensa plataforma submarina (continental shelf, en terminología inglesa) experimenta la acción de los procesos modeladores marinos.

Con las oscilaciones del nivel del mar y la emersión gradual de las llanuras de la plataforma yucateca, la disolución kárstica superficial –proceso disolutivo del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) de las rocas por el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), formado por el agua y el anhídrido carbónico de la atmósfera, generando el bicarbonato de calcio  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , con propiedades solubles y, con ello, el bello mundo espeleológico bajo nuestros pies-. Además, algunos procesos gravitacionales aislados, como derrumbes en laderas abruptas y de colapso del subsuelo, así como un escurrimiento fluvial raquíptico, moldearon las formas actuales de su superficie.

La expresión de las formas del relieve peninsular en su porción sur-suroeste, queda manifiesta en sus llanuras y lomeríos altos, monoclinales y en pliegues poco deformados, como la meseta de Zohlaguna (200 y más metros de altitud) (Lugo et al., 1999), con marcada desmembración kárstica; y más al norte y al oriente de la península, se extienden llanuras medianas (20-35 metros de altitud) y bajas (menores de 15 metros), formadas sobre substratos subhorizontales y ligeramente inclinados, en ocasiones están escalonadas, son planas a onduladas y exhiben innumerables formas disolutivas como resultado de la modelación kárstica.

En este contexto geomorfológico general sobresale la región denominada Sierrita de Ticul, localizada al sur-suroeste (Figura 1), en la región VII del estado de Yucatán, con su traza lineal y su escarpe tectónico (Figura 2), modificado por los procesos kársticos, fluvio-kársticos y de remoción en masa, con depósitos rocosos al pie de los escarpes o pendientes. Las cimas culminantes de la sierrita poseen más de 200 m de altitud y su longitud supera los 100 km, desde Maxcanú hasta San Sebastián Yaxché.

Figura 1. Localización geográfica de la Sierrita de Ticul, en la región VII Sur del Estado de Yucatán. A. Falla Ticul, B. Falla Campeche-Hecelchak



Figura 2. Frente del escarpe tectónico de la Sierrita de Ticul en el sector Muna a Opichén. Foto de los autores.



Sobre el origen de la sierrita existen varios criterios científicos, según Lugo-Hubp et al. (1992) varios especialistas han debatido sobre su origen estructural, proponiendo un carácter monoclinial (de capas o estratos rocosos inclinados en un mismo sentido), plicativo o de pliegue, e incluso de un bloque tectónico, aunque según Lugo et al. (1999), la más acertada es la de Duch-Gary (1991) que la considera como un pliegue-bloque. En la Sierrita de Ticul se localizan diferentes tipos de estructuras muy suaves, como sinclinales (Figura 3), pero también existen sectores rocosos estratificados horizontales e inclinados (Figura 4). Por ello, desde el punto de vista morfoestructural puede considerarse como un bloque con un substrato de ondulado a plegado y monoclinial.

Los escarpes tectónicos de las fallas Ticul, al norte, y Campeche-Hecelchak, al oeste (Figura 1, Figura 5), evidencian la presencia de un bloque, que al incrementar la energía de su relieve propició el aumento de la disolución kárstica de las formaciones calcáreas y carbonatadas, determinando la formación de colinas karstificadas o moderadamente amogotadas, que limitan amplias poljas o poljes (tipo de depresión kárstica plana, aprovechada para la agricultura) con configuraciones caprichosas y con llanuras de fondo plano (Figura 6); en ocasiones con la existencia de sumideros o ponores, propiciando la interconexión entre el drenaje superficial y el subterráneo (Figura 7). En las colinas amogotadas prevalecen los afloramientos rocosos, lo que no favorece el fomento de cultivos menores, debiendo preservarse la vegetación arbórea y arbustiva.



**Figura 3.** Estructura sinclinal en una cantera abandonada entre San Miguel y Calkini. Foto de los autores.



**Figura 4.** Estructura estratificada horizontal, en un corte de la carretera entre San Antonio Yaxché y Bolonchén de Rejón.



**Figura 5.** Escarpe frontal de la falla Campeche-Hecelchak en la parte occidental de la región, vista desde un sitio aledaño al poblado de Calkini. Foto de los autores.



**Figura 6.** Polja con llanura de fondo plano, rodeada por colinas karstificadas, amogotadas periféricas, localizada 2 km al norte de San Antonio Yaxché. Foto de los autores.



**Figura 7.** Polja de fondo ondulado a plano, con zona de captación de drenaje por la existencia de un sumidero, en el tramo Tigre Grande-Suazal Chico. Al fondo, se aprecian las colinas amogotadas que contornean la llanura. Foto de los autores.

Las colinas karstificadas o amogotadas que delimitan los bordes de las llanuras de fondo plano de las poljas, poseen formas diferentes según el tipo de roca de su substrato. En el núcleo central de la sierrita, al sur de los pueblos de Ticul, Muna, Oxtutzcab y Tekax, donde alcanzan entre 50 y 150 metros de altitud, e incluso más, y sobre rocas calizas y dolomías, sus laderas oscilan entre  $20^\circ$  y  $30^\circ$  de inclinación. Hacia el poblado de Tzucacab, al sureste, las colinas amogotadas poseen menor energía y sus altitudes alcanzan alrededor de 50 metros y menos, con pendientes entre  $10^\circ$  y  $20^\circ$ , sobre rocas calcáreas ricas en fósiles. Más al sureste, la traza de la falla Ticul continua por el estado de Quintana Roo, pero sin la notable expresión topográfica de estos lomeríos ticulenses.

Las investigaciones geomorfológicas en esta singular región yucateca se enmarcan en el proyecto "Reconocimiento y clasificación del relieve de la región meridional del estado de Yucatán", iniciado por la Unidad Académica de Estudios Territoriales de Yucatán (UAETY) del Instituto de Geografía de la UNAM, a finales del año 2022.

#### Referencias bibliográficas

- De Cserna, Z., 1990. Tectónica. En Ana García de Fuentes (coord.) Atlas Nacional de México. p. IV.2.1.
- Duch-Gary, 1991. Fisiografía del Estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo, México, D. F., 229 p.
- Lugo-Hubp, J., Aceves, J.F., Espinaza-Pereña, R., 1992. Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. Revista del Instituto de Geología, 2: 143-150.
- Lugo-Hubp, J., García-Arizaga, M. T., 1999. Mapa de geomorfología de la Península de Yucatán, escala 1:200 000. En García de Fuentes y Córdova y Ordoñez Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán. México. D. F., Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán, Ed. UADY-PROEESA.
- Seele, E., 2001. Hipótesis sobre el Medio Ambiente Maya: Consecuencias de una Catástrofe Natural en la Península de Yucatán, México. Mexicon, XXIII(4):92-101.
- SGM, 2007. Carta geológico-minera de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, a escala 1:500 000. Pachuca, Hidalgo.
- SGM, 2019. Carta Geológica de la República Mexicana, a escala 1:2 000 000. Pachuca, Hidalgo.

# Prototipo de un sistema para el monitoreo de parámetros del agua en cultivos acuícolas.

Israel Sánchez-Domínguez, Paul Erick, Méndez Monroy, Jaqueline Lissette Hernández Nuñez, Claudia Verónica Durruty Lagunes

**Palabras Claves:** acuicultura, calidad del agua, sensores, Ethernet, monitoreo automático.

La necesidad de contar con equipos Ad-hoc para un monitoreo constante de calidad de agua, confiable con la capacidad de escalabilidad, ha llevado a un trabajo interdisciplinario entre dos dependencias de la UNAM asentadas en el Estado de Yucatán: la UMDI Sisal de la Facultad de Ciencias y la Unidad Académica del IIMAS, lo que ha generado un prototipo para monitoreo de parámetros como: el oxígeno disuelto, pH y temperatura; ya que éstos afectan directamente el crecimiento y desarrollo de los organismos en cultivo. Estos parámetros son monitoreados empleando un microcontrolador programable de la marca Arduino como plataforma de control para los sensores. El prototipo permite el monitoreo a distancia a través de una conexión de redes de datos por cable (Ethernet) y todas las mediciones son visualizadas y analizadas mediante una interfaz desarrollada para este prototipo; la interfaz permite monitorear al mismo tiempo dos tanques experimentales donde se mantienen peces marinos.



El sistema aún se encuentra en proceso de desarrollo, procurando que versiones posteriores tengan una mayor independencia en el monitoreo, así como una mejor transmisión, guardado de la información y finalmente una aplicación móvil que genere señales de alarma a través del celular sin necesidad de estar presentes en el sitio.

En la Facultad de Ciencias en Sisal, se desarrolla el Proyecto Mero UNAM apoyado por la SEPASY y la UNAM, cuenta con tanques de 4 metros de diámetro para el confinamiento de peces adultos de Mero en donde los peces son cuidados y alimentados para realizar estudios de reproducción en cautiverio y generar una tecnología de cultivo. Durante su mantenimiento es necesario que todos los parámetros básicos del agua sean medidos de manera eficiente, constante y fiable; pues de estos parámetros, depende en gran medida la respuesta de los peces.

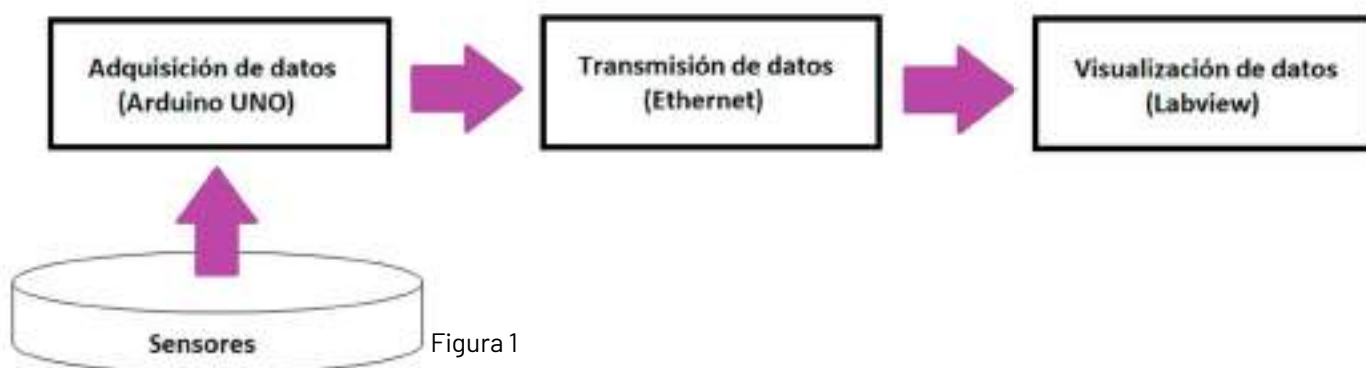


Figura 1

A partir de ello, el equipo ha advertido la necesidad de controlar las variables en cultivo tanto para garantizar que todo el monitoreo sea realizado en tiempo y forma, evitando algunos errores que son provocados por el humano como el cansancio, olvido o ausencia, como para facilitar y eficientizar el trabajo cotidiano y rutinario que la actividad implica.

Ante estas necesidades, es que inicia la colaboración UMDI Sisal - IIMAS para el desarrollo de este prototipo de medición continua de la calidad del agua de los tanques de cultivo, abocándose a la función vinculadora que el IIMAS tiene en la región con otras dependencias de la UNAM, así como con instituciones afines y sectores productivos.

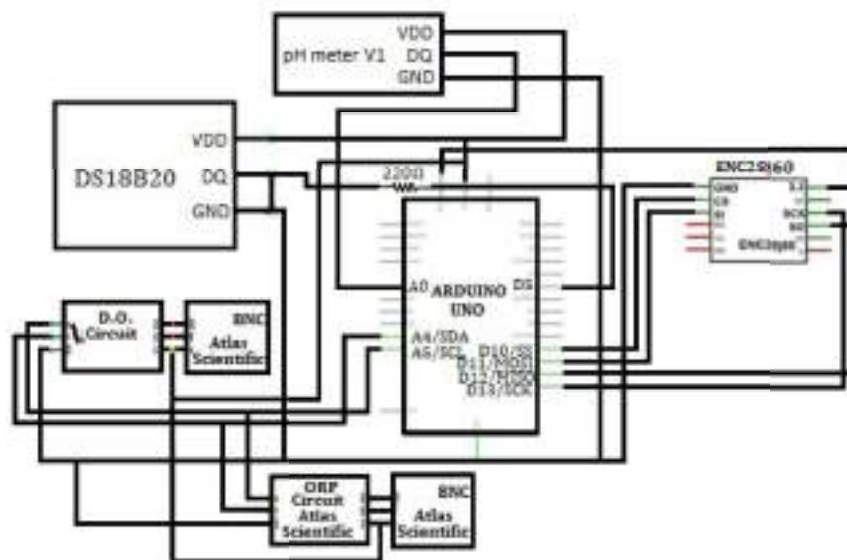


Figura 2

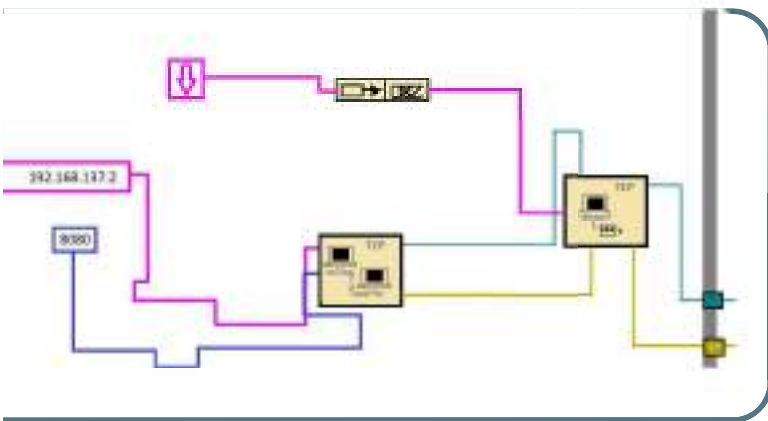


Figura 3

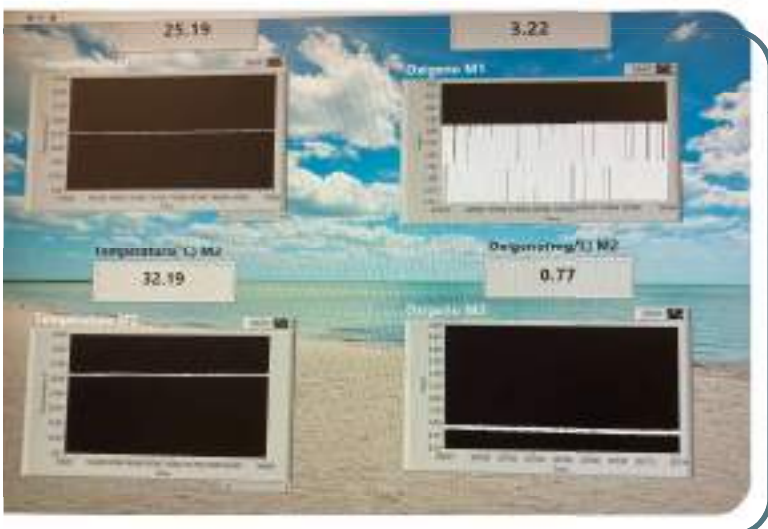


Figura 4

Los sistemas de monitoreo ambiental han ganado gran relevancia en el seguimiento de parámetros y condiciones ambientales en ámbitos como la agricultura y la acuicultura. Actualmente, hay una gran cantidad de dispositivos de hardware y protocolos de comunicación que han permitido el desarrollo de estos sistemas. Existen varios prototipos y sistemas comerciales para medir parámetros de calidad del agua en sistemas acuícolas. Sin embargo, el interés de la UNAM es contar con un sistema Ad-hoc que permita ser intuitivo en su manejo, el monitoreo a distancia a través de una aplicación móvil y que cuente con señales de alerta por la posible presencia de fallas en los parámetros (Hernández, 2018; Acuicultura en Yucatán, desarrollo de nuevas especies, 2021).

El prototipo permite la medición de los principales parámetros físicoquímicos del agua (pH, oxígeno disuelto, temperatura y REDOX) de forma semi-remota, cuya función es capturar las muestras con cada uno de los sensores y enviarlas vía Ethernet estableciendo una conexión a una computadora, con el objetivo de ser visualizadas por medio de una interfaz, permitiendo al usuario acceder a la información en forma directa sin necesidad de estar frente al módulo de medición (Hernández, 2018). En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques propuesto para el funcionamiento del sistema.

Cada sensor fue implementado en la plataforma de desarrollo de Arduino (Arduino, 2017), según el esquema mostrado en la figura 2.



Para el diseño de la interfaz se desarrolló un programa con el software LabVIEW (lenguaje de programación visual gráfico pensado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño), donde inicialmente se realizó el enlace entre este programa (interfaz de usuario) y el microcontrolador Arduino para poder recibir los datos. La manera en que se comunican es por medio del protocolo de comunicación TCP/IP, que se usa cuando hay un cable de internet para llevar a cabo la comunicación; figura 3.

La interfaz realizada con el software de Labview (Tutorial Arduino + Labview. 2023), se muestra en la figura 4, donde se aprecia que puede realizar el monitoreo de dos sistemas a la vez.

Los tanques, en los cuales se realiza el monitoreo, tienen especímenes adultos con potencial reproductivo, en donde se implementaron medidas para que los meros, especie curiosa por naturaleza, no mordieran los sensores. En la figura 5 puede observarse la instalación del sistema de medición y en la figura 6 los sensores dentro del tanque de los meros.

### Nuestros avances

Al momento de esta publicación, el prototipo ha tenido un buen desempeño, cumpliendo con los objetivos planteados. Durante su funcionamiento hemos detectado áreas de oportunidad para eficientizar la medición continua de los parámetros fisicoquímicos en el sistema de cultivo para su control. Esto permitirá mantener el bienestar de los peces, es decir, mantenerlos vivos en las mejores condiciones físicas y mentales posibles para su posterior reproducción en cautiverio. Así mismo, el prototipo podría ser implementado en sistemas acuícolas en el Estado, para mejorar los cultivos a un costo accesible.



Figura 5



Figura 6

### Bibliografía

- Acuicultura en Yucatán, desarrollo de nuevas especies. (2021). Recuperado 5 de mayo de 2022, de Rural Mx website: <https://ruraltv.com.mx/acuicultura-en-yucatan-desarrollo-de-nuevas-especies/>
- Hernández, J.L. (2018). Diseño e implementación para el control de sensores a través de una interfaz con Arduino. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Arduino (2017). Recuperado 5 de mayo del 2023 de <https://www.arduino.cc/en/software>
- Tutorial Arduino + Labview. (2023). Recuperado 5 de mayo de 2023 de [https://naylampmechatronics.com/blog/23\\_-tutorial-arduino-labview.html](https://naylampmechatronics.com/blog/23_-tutorial-arduino-labview.html)

# Riesgo y cambio climático. ¿Lo percibimos igual?

Bertha Hernández Aguilar

**Palabras clave:** percepción del riesgo, cambio climático, península de Yucatán.

Diversos autores señalan que la península de Yucatán estará más expuesta a los fenómenos climáticos extremos y al aumento de la temperatura, por lo que es considerada una zona vulnerable a sufrir impactos por el cambio climático. Ante este escenario, cabe preguntarse si la gente percibe un riesgo en ello.

La percepción de sentirse en una situación de inseguridad es una forma de expresar conocimientos, actitudes, creencias, juicios y sentimientos de las personas frente a las amenazas de aquello que valoran, ya sea su vida o sus pertenencias. La palabra "riesgo" ha sido ampliamente debatida en la literatura, puesto que no significa lo mismo para todas las personas, ya que su interpretación depende de los peligros o las amenazas a los cuales un grupo o comunidad está expuesto, pero también dependerá del contexto cultural, de la experiencia previa y de la capacidad para enfrentar una amenaza, por lo que debe abordarse desde un contexto social, cultural y económico amplio.



Es así que, dentro del proyecto “Evaluación de los cambios experimentados por los eventos climáticos extremos y su relación con el riesgo para las poblaciones expuestas en la península de Yucatán, México”, se desarrolló una encuesta a fin de capturar la percepción sobre amenazas ambientales derivadas del cambio climático en la región.

Cerca de 500 personas participaron en esta convocatoria de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, con especial énfasis en centros urbanos y en la costa, para tratar de establecer diferencias respecto de sus perspectivas.

### Percepción y cambio climático

En general, los resultados muestran que la percepción sobre los impactos del cambio climático se asocia más a problemáticas ambientales, como la contaminación del agua, la contaminación del aire y el manejo de basura, mientras que los eventos climáticos graves como huracanes, tornados o tormentas quedaron en segundo término. (Fig. 1).

Es importante distinguir que la percepción de la población ubicada en las zonas costeras como Champotón, Progreso y Telchac Puerto, relacionó los impactos del cambio climático con las afectaciones hacia la actividad pesquera, pues “ya no pescan lo mismo que antes”. Sin embargo, cuando se preguntó sobre el aumento de huracanes y/o lluvias fuertes y por el consecuente aumento de las inundaciones, la percepción es que siguen siendo los mismos y no hay mayor o menor preocupación, porque año con año están expuestos.

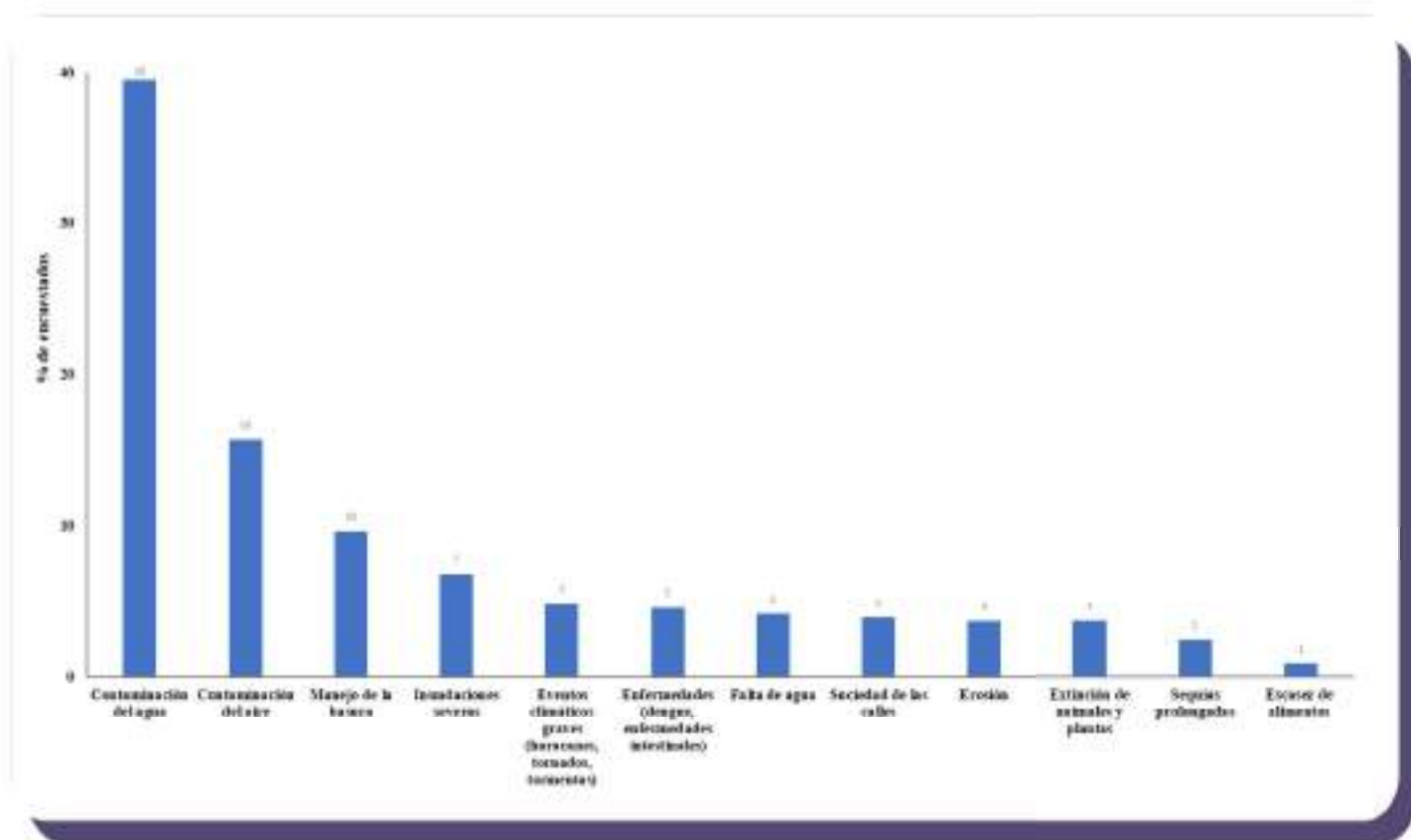


Figura 1

De manera indirecta, la gente que vive en la costa, percibe en mayor magnitud los impactos del cambio climático en tanto que se relaciona con su actividad productiva, están más alerta ante los cambios que las personas que viven en las ciudades. ¿A qué podemos atribuir esa percepción? Una respuesta sería la cercanía con la naturaleza, ya que los cambios pueden ser más notorios en la zona costera que en las zonas urbanas. Sin embargo, la percepción respecto de eventos climáticos extremos es menor en comparación con una zona urbana, donde nunca antes, se había registrado una lluvia fuerte que provocara una inundación.

Existe la percepción de que la actividad humana es la principal responsable del cambio climático (Fig. 2). Asimismo, que la temperatura se ha elevado y que ahora los pronósticos del tiempo son distintos que hace 20 o 30 años. Se reconoce que en la península de Yucatán, las temperaturas extremas son consideradas una amenaza debido a que son frecuentes. Sin embargo, cuando se preguntó sobre las inundaciones como un riesgo, no existe esa preocupación y más bien se consideran algo normal. Los huracanes, por otro lado, se perciben como una amenaza poco frecuente. Esto nos muestra, que la población sí percibe los efectos del cambio climático, al tiempo que reconoce que hace falta más información para tomar acciones y reducir el impacto.

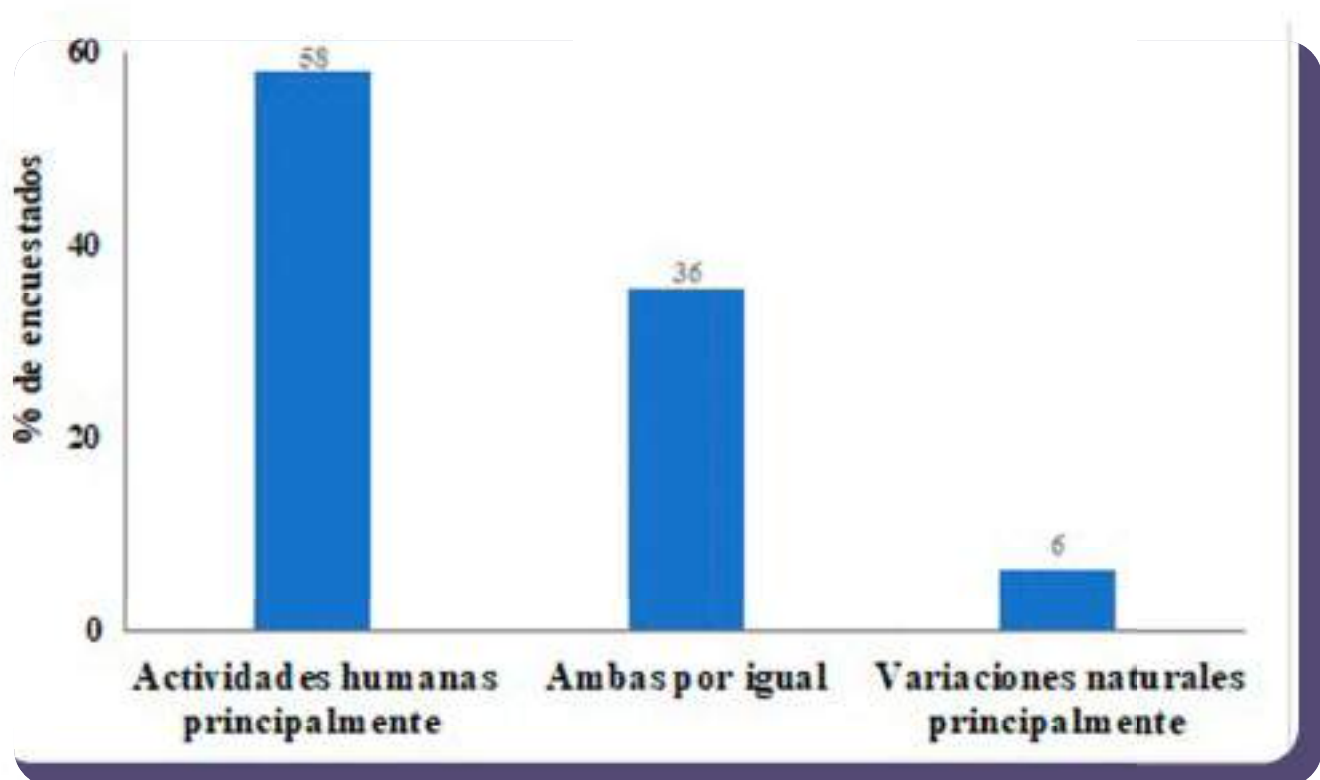


Figura 2

### Factores que influyen en la percepción del riesgo

Algunos de los factores que explican nuestros resultados están asociados con la incertidumbre de si las personas sufrirán un daño o no; a las amenazas que son desconocidas, la causa por acciones o fallas humana; a la falta de confianza en las instituciones en el momento de la atención; al control, es decir, a cómo actuar frente a una situación de emergencia, o la comprensión de qué tanto se sabe sobre la amenaza. Es por ello que, si queremos evitar desastres en la península de Yucatán ante los efectos del cambio climático, los programas para la gestión del riesgo de desastres son fundamentales.

Como se muestra en este estudio, existe una pluralidad de concepciones que conviven dentro de un mismo contexto sociocultural, por ello, las estrategias que se elaboren para disminuir los desastres deben ser construidas en diálogo con las comunidades afectadas. Una población preparada e informada sobre los impactos del cambio climático, puede hacer la diferencia en una situación de riesgo de desastre, al construir comunidades más resilientes.

Finalmente, esta investigación plantea la importancia de continuar trabajando en la integración de conocimientos para la toma de decisiones en materia de prevención de desastres, al conjuntar la percepción de las comunidades y el monitoreo científico que dé cuenta de manera ininterrumpida sobre la ocurrencia de fenómenos climáticos como huracanes, inundaciones, olas de calor y sequías.



Basurero a las afueras de Oxkutzcab

#### Referencias:

1. Metcalfe, S. E., Schmook, B., Boyd, D. S., De la Barrera-Bautista, B., Endfield, G. E., Mardero, S., ... & Perea, A. (2020). Community perception, adaptation and resilience to extreme weather in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Environmental Change*, 20, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01586-w>
2. Soares Moraes, D., Munguía Gil, T., Salazar Ramírez, H., & Millán Malo, G. (2014). Vulnerabilidad y adaptación en Yucatán: un acercamiento desde lo local y con enfoque de equidad de género. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

#### Agradecimientos:

Al Dr. David Romero, coordinador del proyecto PAPIIT IA302220 "Evaluación de los cambios experimentados por los eventos climáticos extremos y su relación con las actividades y poblaciones expuestas en la península de Yucatán", de donde se obtuvieron los datos.

# Análisis de sistemas complejos

Lucero Priscila Damián Adame

**Palabras Clave:** sistemas complejos, escalamiento, autosimilaridad, autoafinidad.

El diseño de la naturaleza muestra sofisticación y delicadeza; cada elemento vivo y no vivo, provisto por ella, tiene cualidades únicas y especiales. Sin embargo, todos ellos, revelan algo en común con respecto a su forma. Pensemos, por ejemplo, en una nube, un árbol, una montaña, una flor, un río o la superficie misma de nuestro planeta; ninguna de estas formas puede ser descrita con precisión utilizando geometría euclidiana, es decir, la geometría que todos aprendimos en las aulas. Pero todo se vuelve aún más interesante cuando, además, consideramos que todos estos elementos están relacionados e interactúan en una dinámica diaria y milimétricamente equilibrada. Todo está interconectado, cada suceso desencadena algún efecto en otro elemento o en el sistema en el que esté inmerso.



En este contexto, los seres humanos consecuentemente estamos involucrados, tanto con el medio ambiente, como con la manera en que nos conectamos individualmente y en sociedad, ya sea de manera natural o artificial, es decir, a través de los medios creados por nosotros, como en el mundo digital por dar un ejemplo. El comportamiento que describimos en masa, como sistema, en cualquiera de los casos, está influenciado por un gran número de variables, mismas que pueden ir cambiando con el paso del tiempo. Toda esta dinámica es lo que se conoce como un sistema complejo o como generalmente se le denomina, caos.

La comprensión del comportamiento espacio-temporal de sistemas complejos naturales y artificiales es uno de los grandes objetivos de la ciencia contemporánea por una gran variedad de razones y con un amplio espectro de aplicaciones. Este tipo de sistemas no pueden ser comprendidos ni abordados de la misma manera que los sistemas con un número limitado de variables o también conocidos como sistemas simples.

El campo de estudio de este tipo de sistemas es relativamente nuevo, comenzó a desarrollarse con los trabajos de Edward Lorenz a principios de los años sesenta, quien estudiaba el pronóstico del clima, continuando en los ochenta con el trabajo de Benoit Mandelbrot con su concepto de "fractal"; desde entonces hasta hoy en día, la teoría fractal ha logrado dar, tanto en el campo experimental como en el teórico, una descripción cuantitativa y cualitativa del caos.



Fig 1. Escalamiento auto-similar en Brócoli y perejil.



La palabra fractal proviene del latín *frangere* que significa, “romper o fraccionar” y fue acuñada por Mandelbrot para describir aquellas formas rugosas e irregulares, como las mencionadas al inicio de este documento, que no podemos describir con una matemática tradicional.

El concepto central de la teoría fractal es la dimensión fractal, utilizada como parámetro natural para clasificar y comparar cuantitativamente patrones en fenómenos caóticos tanto naturales como artificiales. Puede definirse como la medida de la complejidad de formas rugosas o la complejidad de los valores estadísticos de las series de tiempo o de los datos aleatorios, que algún fenómeno complejo pueda arrojar, puede ser interpretada como el grado en el que este tipo de conjuntos “llena” un espacio euclidiano. Para poder entender un poco más este concepto, debemos tomar en cuenta la escala de observación del fenómeno de estudio, pues su comprensión depende de esta.

En la teoría fractal existen dos tipos de escalamiento, la autosimilar, y la autoafinidad, siendo el más común y fácil de percibir el escalamiento autosimilar pues lo podemos ver en varias de las formas de la naturaleza con las que estamos en contacto cotidianamente, como el brócoli, el perejil, los caracoles, los árboles. En estos casos, el escalamiento autosimilar se puede distinguir por la repetición de las formas en los 3 ejes coordenados  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , es decir, a lo ancho a lo alto y en espesor; de manera tal, que al hacer un acercamiento o un aumento de la forma completa o sus partes veremos siempre la misma imagen como se muestra en la Figura 1. A este tipo de formas se les conoce como fractales isotrópicos. El escalamiento de autoafinidad, por otra parte, tiene un escalamiento diferente en los ejes coordenados, pudiendo mantenerse en uno de ellos, pero diferir en los otros; a los conjuntos que presentan este tipo de escalamiento también se les conoce como fractales anisotrópicos. Por lo general podemos verlo en la repetición de patrones en los parámetros estadísticos Figura 2.

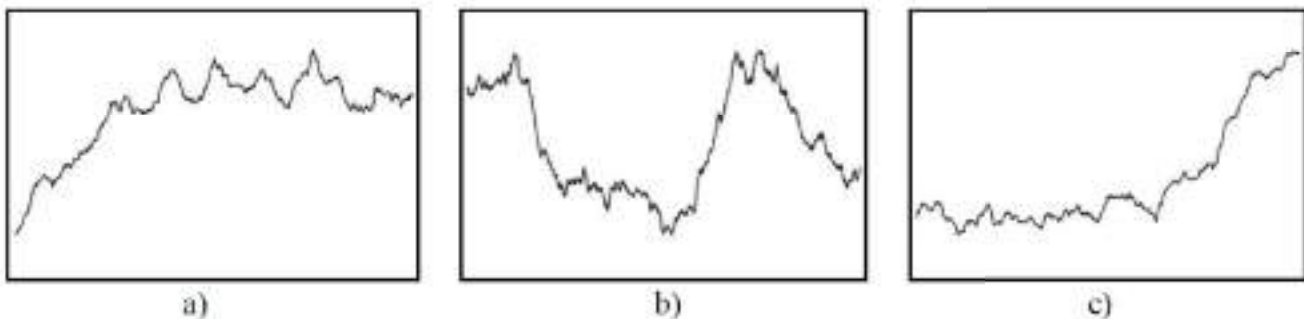


Fig 2. Escalamiento autoafín en muestras sintéticas de datos.

Para dejar un poco más claro lo anterior, centrémonos en algunos ejemplos de sistemas caóticos autoafines, como conjuntos de datos medioambientales, fluctuación de los mercados mundiales, tráfico de datos en redes sociales, crecimiento y expansión urbana, entre los más recientes: redes IoT (Internet de las cosas), redes de máquinas robóticas o el tráfico de actividad en redes causados por ciberataques.



Los registros de los datos de este tipo suelen ser tomados por periodos de tiempo determinados, lo que llamaríamos el ancho o la escala de la muestra, año, mes, semana, día, hora, minuto, segundo. Para este tipo de conjuntos anisotrópicos, se han desarrollado diferentes estimadores basados en las propiedades numéricas y estadísticas de los datos, siendo un campo de estudio joven y con una proyección tan relevante, las investigaciones continúan de manera fértil.

La importancia de poder analizar sistemas complejos utilizando y verificando su comportamiento fractal es poder; en primera instancia, por supuesto, entender el grado de complejidad de un fenómeno. Las posibilidades posteriores a esto son amplias, como construir modelos sintéticos de sistemas antes de probarlos o describirlos en una escala mayor o menor, lo que permitiría predecir o detectar el origen.

Investigaciones de este tipo son llevadas a cabo en la Universidad Politécnica de Yucatán y sientan las bases para que en un futuro puedan crecer y aplicarse en las diferentes áreas en las que los alumnos se encuentran inmersos.



Fractales de Benoit Mandelbrot

#### Bibliografía

- Damian-Adame; L. An estimation method of fractal dimension of self-avoiding roughened interfaces. *Rev. Mex. Fis.* 2017, 63, Samayoa, D.; Ochoa-Ontiveros, L.A.; Damián-Adame, L.; Reyes de Luna, E.; Alvarez-Romero, L.; Romero-Paredes, G. Fractal model equation for spontaneous imbibition. *Rev. Mex. Física* 2020, 66, 283-290.
- Samayoa, D.; Damián-Adame, L.; Kryvko, A. Map of bending problem for self-similar beams into fractal continuum using Euler-Bernoulli principle. *Fractal Fract.* 2022, 1, 230.
- B. Mandelbrot; *The fractal geometry of nature*, W.H. Freeman and Company, New York, 1983.
- Falconer, K; *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*; JohnWiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 2014.

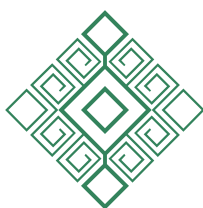


# gaceta

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



**UPY** BIS  
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE YUCATÁN



**ECOSUR**



**Universidad  
Marista**  
MÉRIDA



**CIESAS**



**ANÁHUAC  
MAYAB**



**CICY**



**CentroGeo**  
21°07'51"N 89°46'51"O 0008m



**CIATEJ**



# gaceta

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

Contáctanos: [gaceta.siidetey@gmail.com](mailto:gaceta.siidetey@gmail.com) | [www.siidetey.org](http://www.siidetey.org)



Juntos transformemos  
**Yucatán**  
GOBIERNO DEL ESTADO

**SIIES**

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN  
SUPERIOR



**Parque Científico  
Tecnológico de Yucatán**



**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE  
AGRICULTORES