



gaceta

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



SIIDETEY



SIIDETEV



Juntos transformemos
Yucatán
GOBIERNO DEL ESTADO

SIIES

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN
SUPERIOR



**Parque Científico y
Tecnológico de Yucatán**



CONACYT

CONSEJO NACIONAL DE AGENTES
DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



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

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

ATM
TEXAS A&M
UNIVERSITY



UTM UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA

UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN



CIATEJ

A
ANÁHUAC
MAYAB



CentroGeo
21°07'51"N 89°46'51"O 0008m

ECOSUR

Cinvestav
UNIDAD MERIDA

CIESAS

CIMAT

CICY

UPY
UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE YUCATÁN

**Universidad
Marista**
MÉRIDA

**UNIVERSIDAD
MODELO**

Contáctanos: gaceta.siidetey@gmail.com

www.siidetey.org

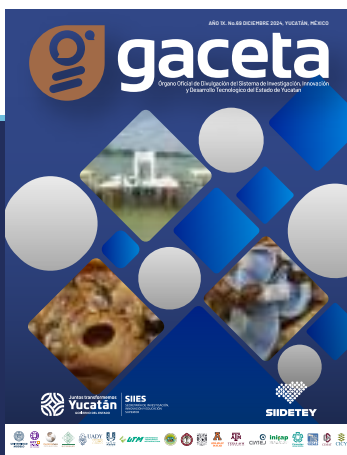
Con base en el Decreto de Creación del SIIDETHEY, se consideró importante desarrollar e implementar un esquema de información que permita divulgar las acciones que el propio Sistema desarrolla en materia de ciencia y tecnología, a fin de dar a conocer su quehacer y despertar el interés de la misma comunidad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

La Gaceta SIIDETHEY No. 69, septiembre - diciembre 2023, es una publicación digital cuatrimestral, editada por el Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Estado de Yucatán; cuenta con un Comité Editorial que aprueba la publicación de los artículos y fotografías que son enviados por las instituciones miembros. Los artículos son responsabilidad de cada autor y su utilización total o parcial debe ser autorizada por el SIIDETHEY, www.siidetey.org, siidetey.siies@gmail.com.

La Gaceta SIIDETHEY tiene una paginación variable; realizada en la ciudad de Mérida, Yucatán, México, en las oficinas de la Dirección General de Investigación e Innovación de la SIIES, ubicadas en la calle 31ª No. 300 por 8, Col. San Esteban. C.P. 97149, fecha de última modificación 30 de diciembre de 2023.



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

Dra. Maira Rubi Segura Campos

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. Georgina Aguilar Gamboa

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 Saldivar Moreno

Universidad Politécnica de Yucatán
Dr. Alfredo Ulibarrí Benitez

Universidad Modelo
Ing. Carlos Sauri Duch

Comité Editorial

UNAM-ENES MÉRIDA

Daniela H. Tarhuni Navarro

INIFAP

Raúl Díaz Plaza

CICY

Miguel Gibrán Román Canto

CENTROGEO

Ana Cristina Palma Cabañas

UNAM Campus Yucatán

Mónica S. Enríquez Ortiz

UNIVERSIDAD MARISTA DE MÉRIDA

Alfonso Cuevas Jiménez

CIATEJ

Élida Gastélum Martínez

UNIVERSIDAD ANÁHUAC MAYAB

Mariana Berenice González Leija

CIESAS

Inés Isabel Cortés Campos
Cristóbal Alfonso Sánchez Ulloa

UADY

Ramon Peniche Mena

UNIVERSIDAD MODELO

Jorge Carlos Canto Esquivel

UTM

Jorge Martínez Vera

ECOSUR

María Magdalena Jiménez Ramírez

CINVESTAV

Rafael Rivera Bustamante

CIMAT

Joel Antonio Trejo Sánchez

SIIES

Ericka Guiselle Garibay Nava

ITM

Gabriel Lizama Uc

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 Albuquerque

**Basura marina en las playas de Progreso, Yucatán,
y percepción ambiental de un grupo de usuarios.....5**

**Potencial de los subproductos de *Octopus
maya* para la extracción de geles de colágeno
y su uso para la generación de biopelículas.....9**

**O te hundes o sales volando: de cómo un iceberg
se hizo vórtice (en los sures de México).....13**

**Colaboratorio Red de suelo, agua y la biotecnología
en los agroecosistemas.....17**

**Visceras de tilapia (*Oreochromis niloticus*):
un subproducto con altas perspectivas
biotecnológicas.....20**

**Fortaleciendo la agricultura sostenible:
capacitación a productores agrícolas en el uso
de bioinsumos de origen microbiano.....23**

La delicada cosecha de una mano robótica.....27

**Ecosistemas vulnerables de Yucatán: un
acercamiento a la selva baja caducifolia.....31**

**En búsqueda del nuevo antimicrobiano: una mirada
a la flora medicinal maya.....35**

**Huellas sobre el asfalto: atropellamiento de
vertebrados en las carreteras de la península
de Yucatán (2016-2021).....39**

**¿Divulgar o difundir la ciencia? Retos de la
profesionalización de las personas divulgadoras.....43**

Basura marina en las playas de Progreso, Yucatán, y percepción ambiental de un grupo de usuarios

Paola Margarita Hernández-López y Diana de Yta-Castillo

Palabras clave: basura marina, playa, COVID-19, percepción ambiental. Lorem ipsum

Desde hace años, la basura marina es un problema importante en las zonas costeras del mundo (Forleo y Romagnoli, 2021). La basura marina se define como “cualquier material sólido persistente, fabricado o procesado, desechado, eliminado o abandonado en el medio marino y costero (UNEP, 2009: 13)”. Con la pandemia por COVID-19, a la basura marina común se le sumaron nuevos residuos como los cubrebocas; de este modo, en conjunto, residuos nuevos y comunes siguen contaminando los diferentes espacios de las costas, como las playas turísticas. Las playas de Progreso en Yucatán no se excluyen del escenario descrito. Este puerto, al ser un sitio turístico muy demandado y tener un sistema de gestión de residuos ineficiente, padece la presencia de la basura en las playas.

Los usuarios de las playas son, en cierta medida, los causantes de la basura marina. Por lo que, para lograr que la gente modifiquen los comportamientos que causan que haya basura en dichos sitios, es relevante conocer su percepción acerca de esta problemática, ya que percepción ambiental tiene influencia en las acciones de las personas hacia su entorno (Borroto-Pérez et al., 2011). Al conocer la percepción de los usuarios de la playa sobre la basura en esos lugares, ellos pueden reconocer conscientemente este problema ambiental (Slavin et al., 2012) e involucrarse más fácilmente en los esfuerzos de gestión ambiental para disminuirlo (Lucrezi, 2022). Por ejemplo, Brouwer et al. (2017) y Rayón-Viña et al. (2019) hallaron que los usuarios de estos sitios recreativos reportaron que entre más basura percibían en la playa, más dispuestos estaban a participar en programas de limpieza.

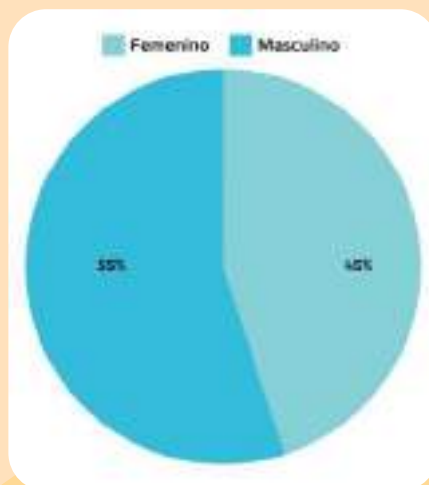


Por lo anteriormente mencionado, en Progreso se buscó conocer la percepción ambiental de un grupo de usuarios de sus playas acerca de la problemática de la basura en dichos sitios. Esta información es de utilidad porque se pueden proponer alternativas de solución para una gestión sustentable de estos ecosistemas, con base en lo que la gente aprecia que está pasando en su entorno.

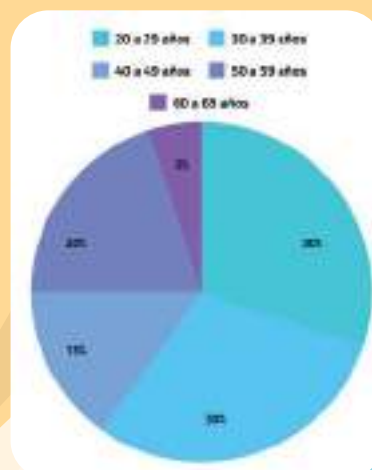
Para ello, en julio de 2022 se realizó una entrevista exploratoria a 20 encargados, concesionarios y/o empleados de restaurantes con frente de playa del malecón tradicional de dicho puerto. Estos usuarios usan la playa continuamente con fines laborales y económicos. Estas entrevistas formaron parte de la tesis de licenciatura titulada "Factores que influyen en el comportamiento de tirar residuos de los usuarios de las playas de Progreso, Yucatán, en el contexto del COVID-19", elaborada por la autora Paola M. Hernández López.

A los 20 entrevistados se les preguntó su edad y su sexo. Respecto a su percepción ambiental sobre la basura marina en las playas de Progreso se les interrogó sobre: 1) ¿Qué cantidad de basura ha percibido en las playas?, 2) ¿Qué tipo de basura ha percibido en las playas?, 3) ¿De dónde considera que proviene esta basura? Las tres preguntas fueron abiertas.

Los resultados de la entrevista muestran que el 55 % de los entrevistados fueron del sexo masculino y, el 45 % restante eran del sexo femenino (Figura 1).

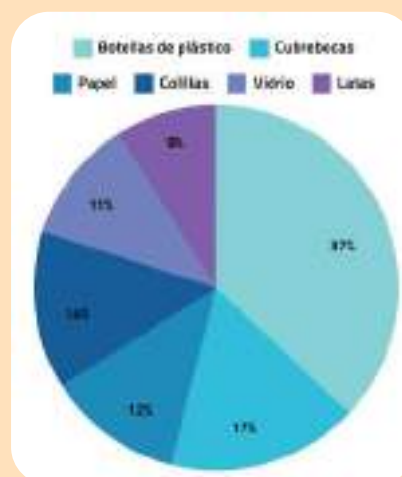
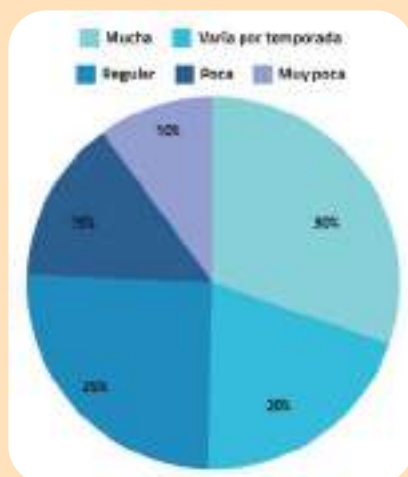


En cuanto a la edad de los entrevistados, se puede ver que el 30 % tiene entre 20 y 29 años, otro 30 % entre 30 y 39 años, el 20 % entre los 50 y 59 años, el 15 % entre los 40 y 49 años y, el 5 % restante tiene entre 60 y 69 años (Figura 2). Como se puede ver, la mayoría de los encuestados son personas en edad productiva.

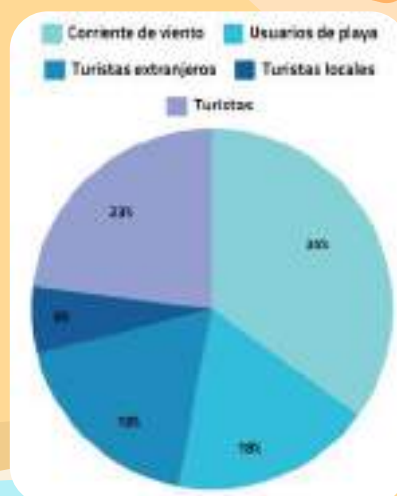


En cuanto a qué cantidad de basura ha percibido en las playas, el 30 % dijo que percibió mucha basura, el 25 % manifestó que una cantidad regular de basura, el 20 % mencionó que la cantidad de basura depende de la temporada del año y que hay mucha en temporada vacacional, el 15 % expresó que había poca basura y el 10 % restante dijo que percibió muy poca basura (Figura 3).

Respecto a qué tipo de basura ha percibido en las playas, el 37 % dijo que botellas de plástico, el 17 % expresó que cubrebocas, el 14 % mencionó que colillas de cigarro, el 12 % dijo que papel, el 11 % expuso que vidrio y el 9 % restante mencionó que latas (Figura 4).



En relación a de dónde considera que proviene esta basura, el 35 % de los entrevistados manifestó que las corrientes de aire provocan que la basura llegue a las playas, el 23 % respondió que los turistas en general son los responsables de que la basura esté allí, el 18% expresó que la basura provenía de todos los usuarios de las playas, otro 18 % dijo que la basura provenía de los turistas extranjeros y el 6 % restante manifestó que provenía de los turistas locales (Figura 5).



De los resultados, puede destacar que más de la mitad de los entrevistados percibió que hay entre regular y mucha basura; que los residuos más mencionados fueron botellas de plástico y cubrebocas; más de un tercio de la gente encuestada indicó que las corrientes de aire son las que originan que haya basura en las playas, así como que, más de un tercio señaló que los turistas son los originadores de la basura marina.

Como se puede ver, la muestra entrevistada percibe que existe un problema ambiental de basura marina en las playas de Progreso. Entonces, con esta información se pueden generar estrategias de gestión ambiental con base en lo que los usuarios de las playas perciben que está sucediendo cotidianamente en su entorno. Por ejemplo, sería conveniente una estrategia ambiental en donde los encargados, concesionarios y empleados de restaurantes estimulen a los turistas para que devuelvan sus botellas de plástico a cambio de un premio para ser canjeado en sus establecimientos. Además, debe trabajarse en la gestión de los residuos desde tierra adentro para que no haya basura que las corrientes de aire muevan y se la lleven hasta las playas.

Cabe mencionar que es necesario seguir indagando en las percepciones y opiniones de los otros grupos de usuarios de las playas de Progreso con la finalidad de contribuir a la disminución y/o eliminación de la problemática estudiada.

Referencias bibliográficas

- Borroto-Pérez, M., Rodríguez-Pérez, L., Reyes-Ramírez, A. & López-Vázquez, B.A. (2011). Percepción ambiental en dos comunidades cubanas. *Revista Electrónica de Medio Ambiente*, 10. DOI: <https://dx.doi.org/10.5209/rev>
- Brouwer, R., Hadzhiyska, D., Loakeimidis, C. & Ouderdoorn, H. (2017). The social costs of marine litter along European coasts. *Ocean & Coastal Management*, 138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.011>
- Gkargkavouzi, A., Paraskevopoulos, S. & Matsiori, S. (2020). Public perceptions of the marine environment and behavioral intentions to preserve it: the case of three coastal cities in Greece. *Marine Policy*, 111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103727>
- Guimarães-Fernandes L. & Gruber Sansolo, D. (2013). Environmental perception of the inhabitants of São Vicente city of solid waste in Gonzaguinha Beach, São Paulo, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 13,3. DOI:10.5894/rgci416
- Forleo, M. B. & Romagnoli, L. (2021). Marine plastic litter: public perceptions and opinions in Italy. *Mar. Poll. Bull.* 165:112160. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112160
- Hernández-López, P.M. (2024). Factores que influyen en el comportamiento de tirar residuos de los usuarios de las playas de Progreso, Yucatán, en el contexto del COVID-19, Tesis de Licenciatura, ENES Mérida UNAM. Disponible en: http://132.248.9.195/ptd2024/ene_mar/0850415/Index.html
- Lucrezi, S. (2022). Public perceptions of marine environmental issues: A case study of coastal recreational users in Italy, *J Coast Conserv* 26, 52 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11852-022-00900-4>
- Rayón-Viña, F., Miralles, L., Fernández-Rodríguez, S., Dopico, E. & García Vazquez, E. (2019). Marine litter and public involvement in beach cleaning: disentangling perception and awareness among adults and children, Bay of Biscay, Spain. *Marine Pollution Bulletin*, 141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.034>
- Slavin, C., Grage, A. & Campbell, M.L. (2012). Linking social drivers of marine debris with actual marine debris on beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.018>
- UNEP. United Nations Environment Programme (2009). *Marine Litter: A Global Challenge*. Nairobi: UNEP, 232.

Potencial de los subproductos de *Octopus maya* para la extracción de geles de colágeno y su uso en la generación de biopelículas

Maria Fernanda Acosta Pacheco, Élidea Gastélum Martínez, Ingrid Mayanin Rodríguez Buenfil, Manuel Octavio Ramírez Sucre

Palabras clave: *Octopus maya*, pulpo, colágeno de pulpo, biopelículas, bioplástico, subproductos de pulpo

Pulpo maya *Octopus maya*

Se sabe que la pesca es una actividad sumamente importante, que ocupa el 14 lugar a nivel mundial. Las especies con mayor volumen y valor económico producen más de 40 mil toneladas y 2800 millones de pesos, respectivamente; entre ellas, el pulpo ocupa el 5.º lugar (CONAPESCA, 2023). En Yucatán, a lo largo de 6 años (desde 2008 hasta 2014), la pesca del pulpo ha representado gran importancia económica, experimentando un crecimiento de más de 30 mil toneladas, esta cifra aporta el 68.2 % de la captura total de pulpo en el golfo de México, de este total, el pulpo maya (*Octopus maya*) representa el pulpo más capturado con un 74 % (DOF, 2022).

Octopus maya (Figura 1) es una especie de pulpo de crecimiento rápido y ciclo de vida corto, que se distribuye y captura en las costas de los estados de Campeche, Yucatán y norte de Quintana Roo (México), desempeñando un papel crucial en la pesca y gastronomía, generando un impacto económico aproximadamente de 27 millones de dólares anuales (Barajas et al., 2022) a pesar de su limitado tiempo de captura (entre el 1 de agosto al 15 de diciembre); en cada temporada productiva se extraen entre 15 a 60 kg al día de *O. maya* y *O. vulgaris*, el resto del año permanece en veda para evitar la sobreexplotación de este producto (Medina et al., 2019).

Por otro lado, la demanda mundial de productos de cefalópodos es alta. México ocupó el segundo lugar en 2018 con 101.5 millones de dólares en la exportación de pulpo congelado, ahumado, seco, salado o en salmuera. Aunado a esto, a nivel mundial se comercializan productos como: tinta de calamar en frascos, tentáculos de pulpo precocidos, pulpo preparado en su tinta sellado al vacío, entre otros (Medina et al., 2019). Asimismo, *Octopus maya* representa un recurso alimentario que, además de ser comercializado principalmente en las costas de Yucatán y Europa, también representa el sustento de más de 10 mil familias yucatecas que se dedican a la pesca (DOF, 2022).



Figura 1

Subproductos del pulpo maya

A pesar de la importancia del pulpo maya, a menudo el manejo de los subproductos y desperdicios que se generan enfrenta grandes desafíos, por ejemplo, las partes del pulpo que no se usan para la alimentación se desechan (Figura 2) (Otilio et al., 2022; Tapia-Vasquez, 2022), como los órganos internos recubiertos por la región cefálica, las puntas de los brazos y el manto que rodea al cuerpo del pulpo (Figura 3), contribuyendo a la contaminación y daños a la salud pública por la descomposición de los residuos orgánicos (a partir de 6 días de captura) cuando no se mantiene en condiciones adecuadas de congelación (0-2.5 °C) (Guzmán-García et al., 2017; García et al., 2018).

Actualmente se realizan esfuerzos de investigadores(as) para buscar medidas que mantengan la sostenibilidad tanto de los productos como de la especie, mediante avances de investigación biotecnológica que permitan un aprovechamiento óptimo del recurso, así como de sus subproductos o desperdicios antes de su descomposición, que en este caso suelen ser fuentes de proteína aprovechables; un ejemplo claro es el colágeno, del que se han identificado un poco más de 28 tipos de moléculas en función de la estructura con la que cuentan, siendo el tipo 1 el más abundante en la mayoría de los tejidos conectivos (Meisenberg y Simmons, 2018).

Importancia del colágeno

En términos generales, el colágeno es una macromolécula sintetizada por los seres vivos. Se trata de una proteína estructural presente en el tejido conectivo humano y de los animales, compuesto de aminoácidos que forman estructuras que se combinan (polímeros) para formar cadenas largas que le dan características de resistencia y estabilidad a los músculos, tendones, ligamentos, piel, huesos y cartílagos, entre otros. Específicamente en animales cefalópodos como el pulpo, el colágeno juega un papel sumamente importante debido a que su cuerpo blando está compuesto en su mayoría por tejido conectivo, es formador de fibras de colágeno (Figura 4), y su estructura está asociada con la flexibilidad y textura de la carne, dependiendo de la especie, sexo, tamaño y la edad, así como la actividad física del animal, su madurez y hasta el estrés de captura que, a su vez, está relacionado con la solubilidad del colágeno, el cual se ha reportado con mayor solubilidad en comparación con el colágeno de mamíferos, obteniendo rendimientos de hasta un 80 % más, dependiendo del tipo de extracción (Tapia-Vasquez, 2022; Torres-Arreola, 2010).



Figura 2

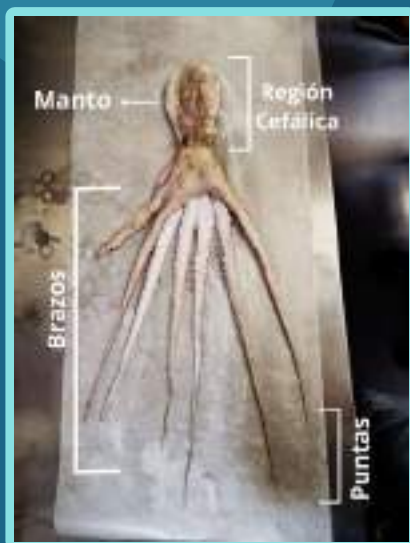


Figura 3

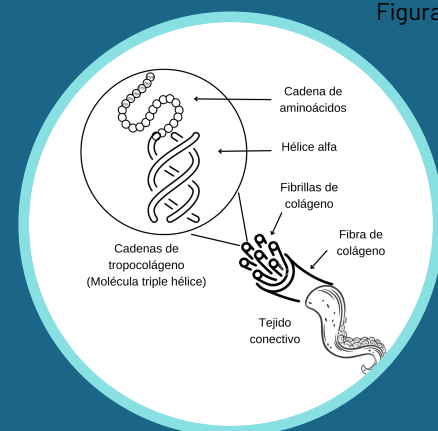


Figura 4

Las fibras de colágeno están compuestas por 3 cadenas polipeptídicas con una secuencia de repetición de glicina (Gly) y cualquier aminoácido entre lisina, hidroxilisina, alanina o preferentemente prolina e hidroxiprolina, que permiten la formación de una triple hélice (tropocolágeno) característica en los grupos de colágeno que confiere mayor resistencia a las fibrillas que en conjunto forman una fibra de colágeno (Figura 4) (Guillén, 2009; Silva y Penna, 2012). La estabilidad de esta molécula depende de la concentración de moléculas llamadas piridinolinas, que crean enlaces covalentes con puentes de hidrógeno y son responsables de la solubilidad del colágeno (más enlaces, menor solubilidad) (Tapia-Vasquez, 2022).

La solubilidad del colágeno es importante y varía dependiendo de la composición y estructura del tejido conectivo, así como en los métodos de extracción usados para su obtención. Al realizar una extracción de colágeno se alteran los enlaces de la triple hélice de la molécula, provocando la modificación de su estructura molecular, ya que está comprobado que la extracción de colágeno tipo 1 forma geles viscoelásticos y a su vez hidrogeles al modificarse la temperatura y el pH, debido a que el colágeno tiene la capacidad de volver a unirse para formar redes tridimensionales (fibrilogénesis); sin embargo, la formación de esta estructura no asegura la recuperación de sus propiedades mecánicas, como su resistencia o estabilidad, por mencionar algunas (Mendoza-Novelo et al., 2018; Sarriannidis et al., 2021). Por ejemplo, en fuentes marinas se toman en cuenta parámetros como la preparación del material y el tipo de extracción (enzimática, ácida, alcalina, asistida por ultrasonido, etc.) del colágeno obtenido (Rajabimashhadi et al., 2023).



Reforzar las propiedades mecánicas de los geles permite su aplicación en diversas áreas como la ingeniería tisular, regeneración de tejidos, la alimentación, entre otras, y como se ha señalado, el colágeno representa un biopolímero estructural. Este biopolímero es clasificado como comestible y tiene la capacidad de ser biodegradable, por lo que se ha utilizado para la elaboración de recubrimientos o biopelículas, indicando su uso mayormente para la industria alimenticia (Sarriannidis et al., 2021; Subhas y Pathik, 2014; Tapia-Vasquez, 2022).

Biopelículas a partir de colágeno

Las biopelículas consisten en una capa delgada realizada individualmente mediante una matriz de polímeros comestibles formulados por: a) el biopolímero, b) un plastificante y c) un solvente; en algunos casos se adicionan con compuestos activos (Figura 5) para que actúen como antioxidantes, agentes antimicrobianos, saborizantes, pigmentos o nutrientes, y posteriormente pueda ser aplicada sobre los alimentos. Por consiguiente, para lograr una estructura más fuerte en los hidrogeles de colágeno, con enfoque en biopelículas que recubran alimentos, una opción es que los entrecruzamientos de la molécula de colágeno se enlacen con otros biopolímeros creando enlaces covalentes más fuertes, mejorando sus propiedades mecánicas de resistencia, y reológicas de deformación, y viscoelásticas (Monroy-González, 2019; Sarriannidis et al., 2021).

El desarrollo de biopelículas a partir del colágeno del pulpo ofrece una alternativa más sostenible y de mayor biodegradabilidad en los recubrimientos plásticos convencionales, abordando así problemas ambientales y promoviendo la utilización responsable de los recursos marinos (aprovechamiento integral). Así mismo, con base en la recopilación de información de este trabajo, existe escasa información relacionada con el colágeno del pulpo *Octopus maya*; considerando que el colágeno puede variar sus propiedades según el tipo de extracción, tejido o especie, es importante realizar análisis para profundizar en el conocimiento de las propiedades de esta proteína y cómo se comporta en conjunto con otros materiales que comúnmente se usan como potenciadores de propiedades mecánicas en aplicaciones como la formación de biopelículas.

Referencias

- American Chemical Society. (2016). Edible food packaging made from milk proteins (video). [Comunicado de prensa]. <https://www.eurekalert.org/news-releases/843028>
- Barajas, P., Rocha, L., & López, I. (2022). Reporte Ejecutivo Monitoreo pesquero piloto implementando PescaData en el FIP de Pulpo, Yucatán Temporada 2021.
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. (2023). Ocupa México el 14vo lugar a nivel mundial en producción pesquera. <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/ocupa-mexico-el-14vo-lugar-a-nivel-mundial-en-produccion-pesquera?idiom=es>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022). Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5659177&fecha=26/07/2022
- García, H. M., García Dávila, J., Hernández Martínez, R., Ortega Sánchez, E., Tlecuil Beristain, S., Castro Corona, A., & García Barrientos, R. (2018). Capítulo 6. Contenido nutricional y bioactivo del pulpo. En Utilización de pescados y mariscos: Tecnologías e Innovación. Materias primas, Bioactividad y Calidad. p172-193. Editorial Académica Española.
- Guillén, M. V. L. (2009). Estructura y propiedades de las proteínas. 34p. Obtenido de <https://www.didacticamultimedia.com/registro/biologia/10/documentos/proteinas.pdf>
- Guzmán García, X., Ramos Apolinar, P., Hernández Calderas, I., García Barrientos, R., & Jerónimo Juárez, JR (2017). Potencial biotecnológico de las vísceras del pulpo. Comunicaciones libres, 68(1), 1-5.
- Katia. (2014). Picante de pulpo. <https://katiachile.blogspot.com/2014/08/picante-de-pulpo.html>
- Medina, D. I., Elorza, A. V., Romero, Y. R., Nuñez, J. P., Guevara, M. (2019). Plan Estratégico: Plataforma tecnológica pulpo maya para el desarrollo de productos de alto valor agregado. CIATEJ: Guadalajara, México.
- Meisenberg, G., & Simmons, W. H. (2018). Principios de bioquímica médica. Elsevier Health Sciences.
- Mendoza Novelo, B., Claudio Rizo, J. A., & Mata Mata, J. L. (2018). Método de preparación y aplicación de hidrogeles de colágeno-oligourethano-silice (N.º de publicación WO/2018/182394). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Recuperado de <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2018182394>
- Monroy-González, D. E. (2019). Elaboración de una biopelícula activa comestible con capacidad antimicrobiana que aumenta la vida de anaquel en pescado fresco a partir de colágeno. Universidad Autónoma Del Estado México.
- Otilio Avendaño, Celso Cedillo-Robles, Jorge López-Rocha, Iván Velázquez-Abunader y Ángel Guerra (2022). Los pulpos en la pesca de Yucatán, Revista Avance y Perspectiva CINVESTAV Difusión y Divulgación, 8(3). <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/los-pulpos-en-la-pesca-de-yucatan/>
- Rajabimashhadi, Z., Gallo, N., Salvatore, L., & Lionetto, F. (2023). Collagen derived from fish industry waste: progresses and challenges. Polymers, 15(3), 544. <https://doi.org/10.3390/polym15030544>
- Sarrigiannidis, S. O., Rey, J. M., Dobre, O., González-García, C., Dalby, M. J., & Salmeron-Sanchez, M. (2021). A tough act to follow: Collagen hydrogel modifications to improve mechanical and growth factor loading capabilities. Materials Today Bio, 10, 100098
- Silva, T. F. D., & Penna, A. L. B. (2012). Colágeno: Características químicas e propiedades funcionais. Revista do Instituto Adolfo Lutz, 530-539.
- Subhas C. & Pathik M. (2014). Edible polymers: challenges and opportunities. Hindawi Publishing Corporation- Journal of Polymers, Volumen 2014, ID del artículo 427259, 13 páginas.
- Tapia Vasquez, A. E. (2022). Identificación y Caracterización Estructural de los Diferentes Tipos de Piridinolina Presentes en Fibras de Colágeno de Pulpo (*Octopus vulgaris*) y Calamar Gigante (*Dosidicus gigas*) [Tesis de doctorado, Doctorado en Ciencias de los Alimentos, Universidad de Sonora, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos].
- Torres Arreola, W. (2010). Caracterización bioquímica y cinética de lisil oxidasa de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y su relación con el colágeno presente. Tesis doctoral, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Animal, Hermosillo, Sonora.

O te hundes o sigues la corriente: de cómo un iceberg se hizo vórtice (en los sures de México)

Autor: Sergio Prieto Díaz

Palabras clave: Migración; (In) movilidad; Fronteras; Transdisciplina; Vórtice migratorio.

Hace poco presenciamos el hundimiento, cerca de Grecia, de un barco con más de 750 personas de África y Asia. Cada vez con más frecuencia vemos a miles de personas abandonando sus países y arriesgando sus vidas, atravesando fronteras (ríos, montañas, desiertos, mares, muros). Su emergencia desaparece con otra tragedia y resurge con la siguiente.



Figura 1. Imágenes/imaginarios de las migraciones forzadas
Elaboración propia, recursos de internet

¿Por qué se arriesgan? ¿Cómo viajan en esas condiciones? ¿Qué ocurre mientras transitan o cuando llegan a otro lugar? Incluso con conocimientos especializados, lo que atisbamos es la punta del iceberg de un problema mucho más complejo y de difícil definición.



Figura 2. La punta del iceberg migratorio global
("La canoa", El Roto. El País)

Los propios organismos especialistas (Derechos Humanos, Naciones Unidas, la Organización Internacional para las Migraciones, etcétera), no alcanzan a abordar esta complejidad al centrarse exhaustivamente en alguna de sus características: país de origen/tránsito/destino, condición de expulsión, remesas... Una expresión epidérmica que impide ver lo que subyace y progresivamente se hace más sólida e impenetrable.

No es igual mirar la frontera “desde afuera”, que vivirla “desde adentro”. Para acercarse a este núcleo, hay que vivir los espacios fronterizos que producen migrantes, hacerse parte presente en los lugares y sentir su esencia con todos los sentidos. Posicionarnos en los espacios fronterizos nos permite construir “el ojo del huracán”. Esta metáfora permite visualizar la complejidad de los procesos y, sobre todo captar la estructuralidad de los problemas.

Para este ejercicio diferencio tres capas de complejidad, navegando entre las disciplinas sociales y naturales para pasar del iceberg al vórtice en los territorios fronterizos del sur de México, representativos de otros sures globales.

Nivel micro: moverse, migrar

Todos los seres y la naturaleza misma estamos en constante movimiento, ¡incluso los árboles! [1].

En un mundo donde el movimiento parece la norma, se establecen categorías que diferencian entre quienes pueden moverse libremente (turismo de sol y playa, sexual, de fiesta, estético, geriátrico, inversionista...) y quienes son forzados a abandonar su lugar de origen y a buscar grietas en los muros para desplazarse (migrantes laborales, económicos, por estudios, reunificación familiar, persecución política, conflictos armados, cambio climático, orientación sexual).

Nivel meso: la frontera

La frontera es donde los “procesos de movilidad” se convierten en “problemas de migración”. Para entender este tránsito necesitamos comprender el papel de las fronteras tradicionales entre los distintos países. En un mundo donde estas han desaparecido para mercancías, culturas o músicas, las personas son el único “recurso” que aún puede ser regulado por cada estado. La definición clásica de frontera no sirve para explicar los porqués ni las formas de los movimientos migratorios: es necesario construir nuevos conceptos para abarcar estas novedosas formas de interrelación entre territorios y personas en movimiento.

El tránsito de personas se vuelve especialmente problemático cuanto mayores son las diferencias entre territorios de origen y destino. La externalización de la política migratoria libera de presión a los países poderosos, subcontratando a países intermedios para “alejar” el “problema” de la migración. EUA y la UE financian/coaccionan a México o a Marruecos para controlar la migración en sus fronteras con Guatemala o el África subsahariana. El vínculo entre los poderes estatales y económicos permite que el control fronterizo se extienda en aeropuertos, retenes, aplicaciones de identificación, obras que limitan el libre tránsito con barreras, vigilantes, mercados segmentados de trabajo.

Nivel macro: el vórtice

En junio de 2022 aseguraron en Chiapas 366 migrantes de 16 nacionalidades. Todas y todos articulados sin quererlo o saberlo, atraídos por el “sueño americano” (o su antesala mexicana), huyendo de sus propias pesadillas. En sus trayectos habitaron lugares de detención (temporal, arbitraria, administrativa), de recirculación (permisos de residencia, trabajo temporal, visa humanitaria), o de espera infinita. En estos lugares-frontera donde confluye esta diversidad (en orígenes, tiempos, espacios y escalas), construimos la propuesta del “**vórtice de (in)movilidades**” (Camargo y Prieto [2]; Ceceña y Prieto [3]), un concepto que trata de acercarse a la complejidad de los procesos sociales a partir de propuestas transdisciplinarias, en el tenor de algunas que mostramos.



Figura 3: Acercamientos transdisciplinarios: Elaboración propia

Retomamos un concepto de las ciencias naturales y físicas para entender los procesos de (in)movilidad como parte de un conjunto diverso de corrientes, intensidades, direcciones y temporalidades alrededor de un determinado territorio por el que se desplaza en función de los atributos de cada uno de los elementos que lo conforman.

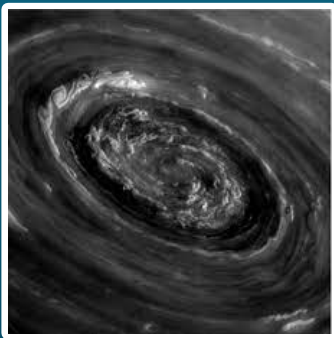
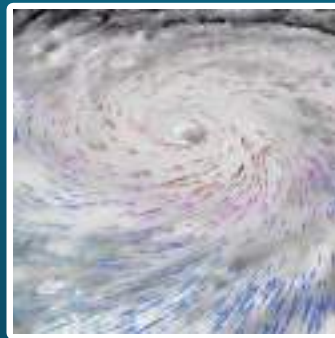


Figura 4. El vórtice de la naturaleza
Vórtice 1. En el centro del vórtice, polo norte de Saturno [4]



Vórtice 2. Huracán María [5]



Vórtice 3. Vorticity [6]

La noción permite interrelacionar esta diversidad, complejidad e incluso aparente desorden de (in)movilidades humanas, destacando la estructuralidad de estos movimientos en la historia y cómo sus formas y manifestaciones se articulan y trasladan por los territorios. Estos vórtices alternan velocidades, sentidos y temporalidades, permitiendo considerar como parte del mismo proceso tanto lo cinético como lo estático, los movimientos y las permanencias.

Figura 5. El vórtice de las (in)movilidades en la frontera sur de México
(Elaboración propia, 2022)



Esta noción pretende articular procesos y fenómenos territoriales y poblacionales, geográficos, sociales, migratorios, políticos, normativos, de infraestructura... y así entender los espacios fronterizos como zonas de vigilancia, control y selección/filtro, como regiones para la circulación limitada y restringida de la movilidad, o para su instrumentalización como parte del “desarrollo” de dichos territorios.

No estamos ante fenómenos coyunturales aislados, sino ante procesos globales interconectados. Proponemos esta noción como metáfora de las interrelaciones orgánicas entre personas, grupos, territorios y estructuras. Pensamos en una correspondencia aún por explorar entre fenómenos sociales y naturales, donde son necesarios puentes que permitan identificar sinergias, complementariedades y vinculaciones que una sola ciencia o disciplina no pueden alcanzar. El reto está en profundizar en la complejidad particular de los procesos sin perder de vista la gran panorámica. Ser capaces de vislumbrar lo que la punta del iceberg no muestra, sin olvidar que forma parte de un vórtice mayor.

Referencias:

<https://www.univision.com/explora/arboles-que-caminan-en-ecuador-esta-es-la-explicacion-cientifica-del-misterioso-fenomeno>

<https://www.diagonalperiodico.net/global/30140-arboles-se-mueven.html>

Camargo Martínez, A; y Prieto Díaz, S. “Fronteras de la Frontera Sur. Entre (re)ordenamientos territoriales y (re)distribuciones poblacionales”. En Castillo, G. (coord.), Migración centroamericana en el México contemporáneo. Procesos socioespaciales y dinámicas de exclusión. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Ceceña, A.E; y Prieto Díaz, S. “Mirando al Sur: megaproyectos, fronteras e (in)movilidades”. En Martínez Romero, E.; Gasparello, G.; y Díaz Perera, M. Á. (coords.), Territorios mayas en el paso del tren. Riesgos previsibles y posturas independientes sobre el Tren Maya. Volumen 1, México: Bajo Tierra Ediciones.

<https://www.astronomia-iniciacion.com/en-el-centro-del-vortice-en-el-polo-norte-de-saturno.html>. 4/12/2012

[5] <https://weather.com/es-US/espanol/weather/news/huracan-maria-categoria-5-satelite-imagenes>. 2017.

[6] <https://www.xataka.com/magnet/ver-la-furia-de-la-naturaleza-en-timelapse-es-lo-mas-cercano-a-presenciar-el-fin-del-mundo>. 2016.

Colaboratorio Red de suelo, agua y la biotecnología en los agroecosistemas

Autores: Emilio Guzmán Bayona, Teresita de Jesús Santiago Vera, Diana Ayala Montejo.

Palabras clave: codiseño, agroecología, construcción de conocimiento.

Introducción

En el campo mexicano actualmente existe una coyuntura favorable para impulsar la transición agroecológica desde los territorios, en busca de recuperar la soberanía alimentaria, garantizar el abasto de alimentos y fortalecer la capacidad de decisión del pueblo sobre qué alimentos produce y cómo se quiere alimentar.

Es por ello que, derivado de las acciones de las Prácticas Interinstitucionales de Inmersión Territorial en el marco del Programa Interinstitucional de Especialidad en Soberanías Alimentarias y Gestión de Incidencia Local Estratégica (PIES AGILES), se desarrolló bajo un contexto autogestivo el Colaboratorio Red de suelo, agua y biotecnologías en los agroecosistemas, del 19 al 23 de septiembre del 2023, donde asistieron especialistas, actores locales e investigadores de los Estados de México, Hidalgo, Colima, Puebla, Chiapas, Michoacán, Yucatán, Tabasco y Campeche. Este colaboratorio fue respaldado académicamente por el programa de educación continua de El Colegio de la Frontera Sur y la colaboración del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

Metodología

Este colaboratorio representó un método “no convencional” para generar conocimiento, que se apega al método científico y a su vez transita por los caminos de los sentimientos y pensamientos de los involucrados, cayendo en ese concepto que nos regala el maestro Orlando Fals Borda “Sentipensar”, y que nos ayuda a comprender la realidad de las causas y efectos de las formas de vida en el territorio que habitamos, a través de la convivencia en comunidad (Fals, 2013).

La convivencia genera dinámicas participativas que integran perspectivas de todos los participantes, la cual es la base de la metodología de educación del oprimido de Paulo Freire (Freire, 1975). Esta metodología busca, a partir de la experiencia del campesino, la apropiación de las tecnologías agroecológicas.

La apropiación de las metodologías compartidas propician diálogos críticos para generar diagnósticos reales sobre las necesidades (Bastidas, 2020); para el caso de los especialistas PIES AGILES, permite fortalecer sus planes de acción territorial en la temática de suelos, bioinsumos y biotecnología.

Figura 1. Integrantes PIES AGILES. Margarita, Alejandra, José Luis, Guillermina, Diana, Paulina, Juan, Fabiola, Emilio, Shaday, Mariana, Bernardina, Eduardo, Elizabeth, Víctor, Teresita, Diana, Lucía, Juan.



Desarrollo

El colaboratorio se desarrolló en tres espacios: 1) En “El Tintal” se desarrollaron temáticas enfocadas en la ciencia del suelo, la biotecnología, aprovechamiento de residuos locales y análisis de suelos, aguas y bioinsumo, facilitadas por la comunidad de El Tintal, investigadores de ECOSUR, CIESAS y PIES AGILES.

2) Jardín Etnobiológico de Campeche (JEC), en el cual se intercambiaron experiencias con el Instituto Campechano y el Instituto Tecnológico de China.

3) Tianguis Verde es un colectivo ciudadano que promueve la economía social y solidaria de productores, artesanos y comerciantes, donde se promovió el intercambio de experiencias, propiciando redes virtuosas para compartir las agroecologías y conciencia.

Resultados

Las actividades compartidas generaron reflexiones sobre el cuidado del suelo, el agua y la vida, e incentivaron a continuar con experimentaciones, se generaron vinculaciones entre asistentes e instituciones, se adquirieron compromisos para reforzar los procesos organizativos, y la continuidad de círculos de acción-reflexión.

Se logró compartir siete metodologías, las cuales se muestran en la tabla 1.

Figura 2. Vivero en “El tintal”



Figura 3. Huerto en “El tintal”

Figura 4. Charla “La vida en el suelo”, JEC



Figura 5. Intercambio de experiencias y participación en el “Tianguis Verde”



Tabla 1. Metodologías compartidas en el laboratorio

Metodología	Descripción de los participantes
Materia orgánica	Determinar si la Materia orgánica permite identificar la disponibilidad de nutrientes y el mantenimiento de la red biológica del suelo. Se realizó con la prueba de agua oxigenada.
Fermentos	Este proceso permite conocer la actividad metabólica de los microorganismos. La prueba de alcohol para analizar las sustancias húmicas generadas en este proceso, así como el grado de madurez, estabilidad y disposición de nutrientes de los bioinsumos.
Cromas	Es una imagen que ofrece información cualitativa sobre la presencia de microorganismos, minerales, materia orgánica, aireación, compactación, y es su interacción en suelos y bioinsumos. Esta herramienta permite tomar decisiones para manejar suelos y bioinsumos.
Composta	Es un abono resultante del proceso de biodegradación de materia orgánica llevado a cabo por múltiples organismos que la transforman y mineralizan. Es una biotecnología fácilmente replicable y de bajo costo, elaborada con recursos locales.
Red biológica	Promueve el uso del microscopio como herramienta para facilitar la observación de grupos funcionales de microorganismos en el suelo, con la finalidad de identificar cuáles de estos están presentes y reconocer la red trófica en el suelo.
pH	Es un parámetro que permite identificar la acidez o alcalinidad de los suelos, bioinsumos y agua. Se puede determinar con insumos locales y de bajo costo.
Respiración	Permite determinar la presencia de organismos, los contenidos de carbono y estimar los porcentajes de materia orgánica, en suelos y bioinsumos, a través de una trampa de álcali, con insumos de fácil acceso y bajos costos.



Figura. 6.- Práctica respiración de suelos.



Figura. 7.- Práctica red biológica del suelo.

Conclusiones

Este laboratorio facilitó el conocimiento sobre modelos de innovación y biotecnología enfocada a la conservación de suelos y el empoderamiento y escalonamiento de la agroecología mediante la gestión de conocimiento.

Se logró que especialistas PIES AGILES pongan en práctica su proceso de facilitación, compartan principios científicos, se fortalezca "El Tintal" para compartir estrategias de manejo y conservación de suelos, aprovechamiento del agua, la reivindicación de la biotecnología campesina, y la integración de los conocimientos para compartir metodologías socialmente apropiables.

Referencias

- Bastidas Aguilar, L.F. (2020). Sentipensar el Pluriverso: Legado del maestro Orlando Fals Borda para la Sub-versión, la utopía y el buen vivir. *Collectivus - Universidad del Atlántico. Revista de Ciencias Sociales*, 7(1): 95 - 111 pp.
- Freire, P. (1975). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI. México.
- Fals Borda, O. (2013). *Socialismo raizal y el ordenamiento territorial*. Ediciones Desde Abajo. Bogotá DC.

Vísceras de tilapia (*Oreochromis niloticus*): un subproducto con altas perspectivas biotecnológicas

Autores: Rodríguez-Lamuz Esteffanía, Pacheco Neith, Ayora-Talavera Teresa, Cuevas-Bernardino Juan C.

Palabras clave: subproductos acuícolas, biotransformación, métodos verdes

A nivel mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ha reportado una tendencia en el aumento del consumo de pescado, esto debido a que algunas personas tienen un conocimiento más amplio sobre los beneficios nutricionales que conlleva consumir este tipo de alimento (FAO, 2020). Por consiguiente, la producción pesquera y acuícola ha estado aumentando considerablemente, esto con la finalidad de poder satisfacer la gran demanda por parte de los consumidores. Sin embargo, una de las grandes desventajas ante el incremento de esta actividad primaria ha sido la generación de grandes cantidades de residuos o subproductos pesqueros, lo cual oscila entre 30-70 % de la masa total del pescado. Principalmente esta biomasa de subproductos se compone de vísceras, escamas, aletas, cabezas, etc.; lo que repercute en gran medida sobre la contaminación ambiental (Al-Hilphy et al., 2022; Venugopal, 2021).

Además, es bien sabido que la mayoría de los subproductos pesqueros no son valorizados, dado que no son deseados o no son aptos para el consumo humano por sus características sensoriales, así como por la elevada carga microbiana que presentan. Actualmente, a nivel internacional se están realizando diversos proyectos de investigación para su aprovechamiento, esto en combinación con técnicas de extracción verde, las cuales tienen como principal meta poder generar compuestos de alto valor agregado (CAVA), tales como concentrados de proteínas, aislados de proteínas, hidrolizados de proteínas, péptidos bioactivos, colágeno, gelatina, ácidos grasos poliinsaturados, minerales y enzimas, con la finalidad de que se puedan utilizar como alternativas para diversas industrias (Al-Hilphy et al., 2022; Stevens et al., 2018). Sin embargo, este tipo de estrategias de aprovechamiento de subproductos en el sector acuícola y pesquero no han dado los resultados deseados, debido principalmente a la poca o nula difusión/divulgación de los beneficios que pudieran obtenerse en el escalamiento de este tipo de tecnologías sustentables.



Con base en lo anterior, el grupo de Investigación del Laboratorio de Inocuidad y Trazabilidad Alimentaria del Sureste del Centro de Investigación en Asistencia y Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), A.C., Subsele Sureste, ha estado incursionando actualmente en el aprovechamiento de subproductos acuícolas y pesqueros, dentro del marco del proyecto PRONAI 321295 del CONAHCYT. Las actividades se centran en diversos trabajos de investigación e incidencia social sobre: fermentaciones de vísceras de tilapia (*Oreochromis niloticus*), obtención de biopolímeros de cáscara (exoesqueleto) de camarón (*Litopenaeus vannamei*), y cabezas de langosta (*Panulirus spp.*), así como la mezcla de subproductos pesqueros y acuícolas para desarrollar alimentos para pulpo maya (*Octopus maya*) y acocil (*Procambarus spp.*), entre otros trabajos de investigación en curso.

Con respecto al estudio sobre vísceras de tilapia, la extracción de compuestos de alto valor agregado (CAVA) se realizó mediante técnicas verdes empleando la fermentación y la extracción asistida por ultrasonido (Figura 1). Dichos procesos verdes utilizados en las vísceras de tilapia favorecieron los rendimientos en la obtención de compuestos lipídicos e hidrolizados de proteína y actualmente se encuentran en proceso los análisis específicos de perfiles de aminoácidos, con la finalidad de identificar los aminoácidos esenciales y no esenciales que pudieran generar un producto de alto valor agregado.



Figura 1. Proceso de obtención de compuestos de alto valor agregado (CAVA) a partir de vísceras de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Por lo anterior, es sumamente relevante continuar con el fortalecimiento de las líneas de investigación referentes al aprovechamiento de los subproductos generados por la industria pesquera y acuícola de la zona sureste del país, lo cual podría tener gran impacto positivo en las comunidades y cooperativas de incidencia. Además, los productos de alto valor generados de dichos subproductos pesqueros y acuícolas podrían ser una interesante alternativa para su aplicación en la formulación de nuevos alimentos para consumo humano o animal por su alto contenido nutricional.

Referencias

- Al-Hilphy, A. R., Al-Mtury, A. A. A., Al-Shatty, S. M., Hussain, Q. N., & Gavahian, M. (2022). Ohmic Heating as a By-Product Valorization Platform to Extract Oil from Carp (*Cyprinus carpio*) Viscera. *Food and Bioprocess Technology*, 15(11), 2515–2530. <https://doi.org/10.1007/S11947-022-02897-Y/TABLES/2>
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. (2017, April 15). Avanza México como una potencia en producción acuícola | Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca | Gobierno | gob.mx. <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/avanza-mexico-como-una-potencia-en-produccion-acuicola-103607?idiom=es>
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. *El Estado Mundial de La Pesca y La Acuicultura 2020*. <https://doi.org/10.4060/CA9229ES>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016, October 7). Residuos pesqueros, recursos aprovechables | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/residuos-pesqueros-recursos-aprovechables>
- Stevens, J. R., Newton, R. W., Tlusty, M., & Little, D. C. (2018). The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. *Marine Policy*, 90, 115–124. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2017.12.027>
- Venugopal, V. (2021). Valorization of Seafood Processing Discards: Bioconversion and Bio-Refinery Approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 132. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2021.611835/BIBTEX>



Fortaleciendo la agricultura sostenible: capacitación a productores agrícolas en el uso de bioinsumos de origen microbiano

Autores: Élidea Gastélum Martínez, Alberto Uc Várguez, Evangelina E. Quiñones Aguilar, Gabriel Rincón Enriquez, Patricia Vaz Jauri, Cecilia Taulé, María Inés Siri, Federico J. Battistoni Urrutia, Zahaed Evangelista Martínez

Palabras clave: agricultura; bioinsumos; desarrollo sostenible; microorganismos

PRESENTACIÓN

En el año 2023 iniciaron las actividades de colaboración entre investigadores de México y Uruguay, financiadas por el Fondo Conjunto de Cooperación México-Uruguay 2022-2024 como resultado del Acuerdo de Asociación Estratégica firmado entre los gobiernos de México y Uruguay en el año 2009. El proyecto que vinculó a ambos países se titula "Desarrollo de inoculantes microbianos basados en microorganismos promotores del crecimiento vegetal, como alternativa sustentable al uso de agroquímicos" con el fin de promover el desarrollo de los participantes y el desarrollo de actividades para impulsar el fortalecimiento económico y social sustentable entre ambos países.

Los inoculantes microbianos agrícolas para mejorar el crecimiento y proteger las plantas de plagas y enfermedades. Cuando los hongos o bacterias que contienen estos productos son usados para el control de patógenos, actúan ya sea como nutrientes del suelo o inhibiendo el sistema de defensa de las plantas. Destacan los hongos micorrízicos arbusculares y las actinobacterias del género *Streptomyces*. El uso excesivo de herbicidas, pesticidas y fertilizantes químicos en la agricultura, en conjunto con la disminución de la cubierta vegetal natural de las zonas de cultivo, causa daños importantes en los microorganismos benéficos (microbiota) presentes en el suelo. La disminución de los microorganismos nativos del suelo también afecta su capacidad para proveer a los cultivos de los nutrientes necesarios para el crecimiento vegetal.



son productos utilizados en la agricultura para mejorar el crecimiento y proteger las plantas. Cuando los hongos o bacterias son usados para el control de patógenos, actúan ya sea como nutrientes del suelo o inhibiendo el sistema de defensa de las plantas. Destacan los hongos micorrízicos arbusculares y las actinobacterias del género *Streptomyces*. El uso excesivo de herbicidas, pesticidas y fertilizantes químicos en la agricultura, en conjunto con la disminución de la cubierta vegetal natural de las zonas de cultivo, causa daños importantes en los microorganismos benéficos (microbiota) presentes en el suelo. La disminución de los microorganismos nativos del suelo también afecta su capacidad para proveer a los cultivos de los nutrientes necesarios para el crecimiento vegetal.



En el marco de los lineamientos del Acuerdo entre ambos países, el objetivo del proyecto es promover el uso de bioinoculantes basados en bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), como alternativa sustentable al uso de agroquímicos en los sistemas de producción agrícolas. De manera particular se contempla: 1) Implementar un programa de cooperación científico-técnico focalizado en el desarrollo de bioinoculantes basados en BPCV, con énfasis en cepas del género *Streptomyces*, y 2) Promover la transferencia al sector productivo de conocimientos científicos-tecnológicos innovadores para la producción y aplicación de bioinoculantes basados en BPCV.

En el año 2023 se dio inicio con las actividades de intercambio de experiencias técnicas y científicas con los investigadores de Uruguay, además de capacitaciones y talleres abiertos a productores agrícolas de los estados de Yucatán, Jalisco y Guanajuato, sobre los beneficios para la agricultura y el ambiente de usar bioinoculantes microbianos que contienen bacterias *Streptomyces*.

ACTIVIDADES DE FORTALECIMIENTO

1. Estancia de capacitación técnica de los investigadores e investigadoras de Uruguay en la Subsede Sureste del CIATEJ.

Esta actividad tuvo como objetivo destacar las capacidades científico-tecnológicas, así como la infraestructura del CIATEJ. Durante el tiempo que duró la capacitación, se facilitó el intercambio de técnicas y ensayos de laboratorio para el control biológico de hongos bacterias fitopatógenos y nemátodos patógenos por medio de las bacterias *Streptomyces*, se realizaron evaluaciones del efecto *in vitro* de compuestos producidos por cepas de *Streptomyces* sobre hongos fitopatógenos, así como el intercambio de conocimientos sobre la manera de producir los metabolitos bioactivos (MBA), su caracterización y la evaluación *in vitro* de la actividad inhibitoria de los MBA contra nemátodos fitopatógenos.



2. Talleres abiertos de capacitación en Jalisco y Guanajuato

La segunda actividad de capacitación y divulgación de la relevancia de los bioinsumos microbianos en la agricultura sustentable contó con la participación de los investigadores del CIATEJ y productores agrícolas de los municipios de Talpa de Allende y Mascota en Jalisco, así como en la ciudad de Abasolo, Guanajuato. El taller llevó por nombre "Avances en la Investigación de bioinsumos para la agricultura" y en Talpa de Allende se presentó en el Centro de Formación y Capacitación para el Desarrollo Familiar y Comunitario (Centro SUPERA). En esta actividad, los ponentes hablaron sobre la importancia que representa usar bioinoculantes microbianos y con ello poder disminuir el uso de productos agroquímicos sintéticos. Durante esta actividad se interactuó con productores que cultivan guayaba, café, maíz, chile serrano, agave raicilla, mango, tomate, entre otros cultivos. De igual forma, los asistentes participaron compartiendo experiencias en sus actividades del día a día, reconociendo el elevado gasto que realizan para adquirir insumos agroquímicos, así como la repercusión negativa que tienen en la calidad de los alimentos vegetales que cosechan.

Posterior al taller, se realizó una visita en campo con algunos productores de Talpa de Allende que implementaron un pequeño espacio para la producción de bioinsumos y microorganismos de la montaña. El motivo de la visita a esta pequeña biofábrica fue la necesidad que tienen los productores por recibir asesoría sobre las mejoras en sus prácticas de producción de bioinsumos. Han obtenido resultados satisfactorios en sus cultivos, fue lo que comentaron, pero necesitan de capacitación técnica para mejorar su producto.

Por otra parte, en el municipio de Mascota se realizó una visita a un productor que elabora raicilla (bebida alcohólica destilada, desarrollada y consumida ampliamente en la región) elaborada con *Agave maximiliana*. Aquí, el productor expresó los principales problemas que tienen que solventar, desde precios altos en los productos agroquímicos que utiliza hasta las enfermedades y plagas que afectan a las plantaciones. Adicionalmente, se visitó una plantación donde se observaron plántulas de vivero afectadas por algún patógeno, lo cual repercute negativamente en el desarrollo de la planta, y por ende, requiere de mayor inversión de control de enfermedades. Por ello, estos productores están conscientes de la necesidad de hacer cambios paulatinos hacia una agricultura que use inoculantes microbianos que disminuyan los gastos que hacen, que no sean contaminantes, que ayuden al control de las enfermedades, que promuevan el crecimiento de las plantas y mejoren la salud del suelo.

Finalmente, en la ciudad de Abasolo, Gto., en las instalaciones de la Granja El Rosario Produce, S.P.R. de R.L., donde se lleva a cabo la producción de tomate cherry bajo invernadero, se presentó el taller ante la asistencia de técnicos de campo, así como técnicos y gerentes de empresas que desarrollan y



3. Reunión RELAR

En el mes de noviembre del 2023 se llevó a cabo en Pereira, Colombia, la XXXI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Rizobiología (RELAR) y el VI Congreso Latinoamericano de Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (PGPR). En esta actividad se presentaron trabajos del CIATEJ que impulsan el desarrollo de inoculantes microbianos y los desarrollos tecnológicos obtenidos. Cabe destacar la participación de los investigadores de Uruguay en una mesa redonda con la finalidad de intercambiar experiencias entre los diferentes actores internacionales involucrados en la investigación, desarrollo, producción y aplicación de bioinsumos basados en microorganismos PGPR, con énfasis en la realidad latinoamericana.

Actividades para 2024

Entre las actividades que se tienen programadas este año se incluye una estancia de los investigadores mexicanos en el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable y la Facultad de Química en Uruguay. Aquí se realizará un intercambio de experiencias técnicas y se replicarán los talleres de capacitación y divulgación de la relevancia de los bioinsumos microbianos en la agricultura sustentable en comunidades uruguayas. El taller "Avances en la Investigación de bioinsumos para la agricultura" se presentará a los productores interesados al norte de México, en Chihuahua (segundo trimestre del año). Finalmente, se participará en el XXVI Congreso Internacional y LI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C., del 31 de julio al 03 de agosto en la Universidad Autónoma de Chapingo, MX, donde las partes mexicanas y uruguayas tendrán mesas de diálogo. Con estas actividades se espera fortalecer la vinculación entre las instituciones involucradas para desarrollar trabajos futuros con mayor incidencia e impacto en la agricultura y sociedad.



La delicada cosecha de una mano robótica

Autores: José Luis Emmanuel González Helguera, Lucero P. Damián Adame

Palabras clave: cosecha, pinza, fresa, efector, prototipo.

En la práctica agrícola, la cosecha de frutas y vegetales es la culminación de un proceso de intensivo trabajo, pero a la vez sensible y delicado; también es el punto de partida de los alimentos que nos brinda la tierra a su destino final: la mesa de un hogar.

Hablando específicamente de la recolección de fresas, para que sea exitosa se debe garantizar una manipulación delicada, gentil y con una firmeza controlada, pero paralelamente veloz y eficiente por parte de las personas productoras. Esta es una tarea que, sin duda, las manos humanas hacen muy bien.

La cosecha de fresas es una labor repetitiva y dedicada que demanda mucho tiempo y debe ser realizada por personas recolectoras con experiencia; esta actividad representa aproximadamente el 75 % del costo total del producto (Yu et al., 2020), pero el porcentaje no es fijo, pues puede fluctuar un poco dependiendo del tamaño de los cultivos, la disponibilidad del personal o el tiempo en el que las jornadas laborales deben cubrir el total de los cultivos.

«Manos» robóticas que cosechan fresas

El desarrollo de robots y la automatización en la cosecha de fresas ha presentado varios retos por la delicada naturaleza de la fruta (Choi et al., 2023). Para llevarla a cabo, se ha buscado «imitar» a las manos humanas, sus movimientos suaves y su agarre. Para lo anterior, es necesario contar con un «manipulador», es decir, una estructura robótica que simule el brazo humano, y un efector final (la parte que realiza la tarea específica), que en este caso simula la mano humana, específicamente el movimiento de pinza que podemos realizar gracias a nuestros pulgares oponibles (Elfferich et al., 2022).

Varios tipos de «manos» robóticas han sido diseñadas para este fin (Azimi et al., 2020). Aquí presentamos el desarrollo de una pinza recolectora, trabajo realizado por la Universidad Politécnica de Yucatán (UPY), en colaboración con la Universidad de Alberta, Canadá.



El desarrollo de una pinza robótica recorre al menos cuatro etapas: a) diseño conceptual, b) diseño detallado, c) prototipado, y d) testeo (Dimeas et al., 2015).

a) El **diseño conceptual** se lleva a cabo analizando y comprendiendo las funciones que la pinza debe realizar, así como las características específicas de las fresas, como son el tamaño, firmeza y largo del tallo. Uno de los principales objetivos en esta etapa, es que la pinza realice su función de manera eficiente sin causar daño a la fruta. En la **Figura 1** se pueden observar los patrones de manipulación básicos para llevar a cabo la recolección de frutos.

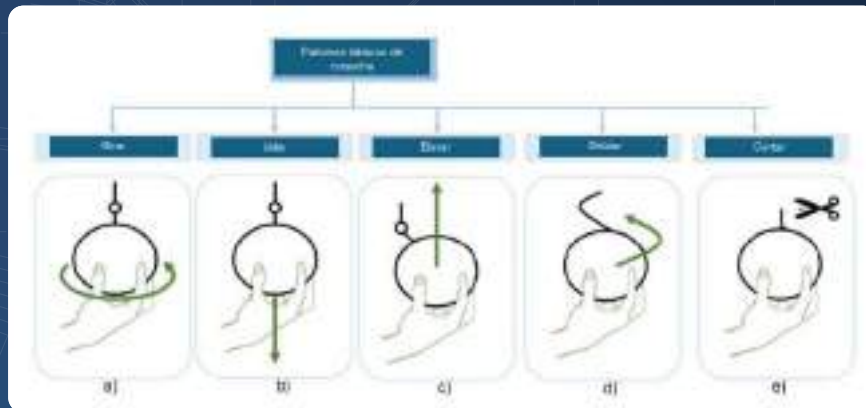


Figura 1. Principios básicos de cosecha (Yu et al., 2020).

b) En el **diseño detallado**, el efector final es diseñado como una pinza de corte, utilizando el principio que se muestra en el inciso e) de la **Figura 1**; de manera que garantice la cosecha sin necesidad de tocar la fruta, ubicándose en el tallo para cortarlo y sostenerlo al mismo tiempo por medio de succión.

El diseño se realizó utilizando CAD, por sus siglas en inglés (*Computer Aided Design*, Diseño Asistido por Computadora). En este caso, se utilizó el *software* Solid Works; en la **Figura 2** se pueden observar las vistas de la pinza durante el diseño.

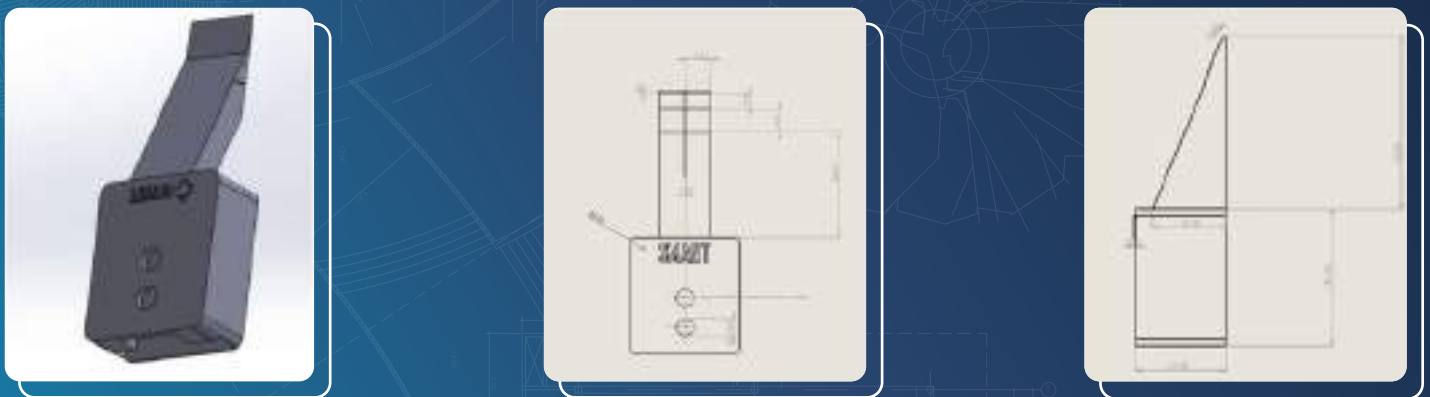


Figura 2. Vistas de diseño detallado en Solid Works.

c) El **prototipado** involucra construir una versión física de la pinza, usando tanto herramientas y equipo de manufactura primaria, como tecnología de impresión 3D. Se verificaron las dimensiones y los parámetros conforme a la operación; el diseño final consistió en una pinza robótica con una membrana flexible que se ajuste a la fruta suavemente. También fue equipada con un sistema de succión que ayuda a sostener la fresa durante su transporte al contenedor final.

d) **Testeo.** Para probar el funcionamiento, la pinza fue adaptada a un manipulador existente: UFactory xArm, y se expuso ante una muestra simulada de una planta de fresa, con el fin de verificar el funcionamiento de la pinza, la fuerza de corte y el soporte para transportar la fruta al contenedor deseado. Una serie de algoritmos fueron programados para que el manipulador lograra aproximarse a la planta y acomodar el efector (pinza diseñada) para llevar a cabo la tarea.



Figura 3. Prueba de desempeño de corte de tallos.

Los «ojos» de un robot

Para que el efector pueda ubicar las frutas y sus tallos, diferenciar entre cuáles recolectar y cuáles no, es necesario el uso de visión artificial, que permite que la computadora del robot a través de un sistema de recolección de imágenes, como una cámara, obtenga información útil de las entradas visuales y, conforme a esa información, pueda tomar acciones. A través de la visión artificial, los robots pueden «ver», «observar» y «comprender» el contexto en el que se desempeñan.

Las fresas son detectadas con una caja delimitadora que envía la información a la computadora sobre la orientación de la fruta y, en consecuencia, la ubicación de su tallo y, así mismo, el punto de corte.

Los algoritmos de procesamiento digital de imágenes y el aprendizaje automático han sido utilizados para la detección de objetivos muy variados; lo anterior representa una visión robusta y sofisticada que, sin duda, eficientiza el trabajo de cosecha.



Figura 4. Detección de la ubicación de la fresa y su orientación (Yu et al., 2020).

Los retos y lo que sigue

El trabajo augura un futuro prometedor, pues las pruebas iniciales muestran que se cumple la tarea original para la que fue diseñada la mano robótica. Ahora es preciso realizar pruebas experimentales que ayuden a recolectar información cuantitativa y cualitativa suficiente para medir y validar su funcionamiento.

Dentro de los trabajos futuros, se encuentra el desarrollo y la integración de algoritmos de programación robusta, un sistema sofisticado de visión computacional, y pruebas de campo con el ensamblaje completo, robot móvil, manipulador y efector, que ayuden a obtener información necesaria que fortalezca aún más los parámetros de medición. Lo anterior dará información confiable sobre el rendimiento de la agricultura robótica de fresas desarrollada.

El costo de implementación de robots en la agricultura es aún alto; por lo pronto, limita la adquisición e implementación de este tipo de sistemas al ser poco competitivos. Sin embargo, el desarrollo de este tipo de proyectos impulsa al desarrollo de más y mejores tecnologías que solucionen problemas cotidianos con materiales y procesos amigables con el medio ambiente.

Referencias

- Azimi, S., Zainal Abidin, M. S., Abioye, A. E., & Hasan, H. (2020). Robotics and automation in agriculture: Present and future applications. *Applications of Modelling and Simulation*, 4, 130-140. https://www.researchgate.net/publication/340397309_Robotics_and_Automation_in_Agriculture_Present_and_Future_Applications
- Choi, H., Park, T., Hwang, G., Ko, Y., Lee, D., Lee, T., Park, J., & Bang, D. (2023). Fabrication of Origami Soft Gripper Using On-Fabric 3D Printing, 12(6), 150. <https://doi.org/10.3390/robotics12060150>
- Dimeas, F., Sako, D. V., Moulitanitis, V. C., & Aspragathos, N. A. (2015). Design and fuzzy control of a robotic gripper for efficient strawberry harvesting. *Robotica*, 33(5), 1085-1098. <https://doi.org/10.1017/S0263574714001155>
- Yu, Y., Zhang, K., Liu, H., Yang, L., & Zhang, D. (2020). Real-time visual localization of the picking points for a ridge-planting strawberry harvesting robot. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 8, 116556-116568. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003034>
- Elfferich, J. F., Dodou, D., & Della Santina, C. (2022). Soft Robotic Grippers for Crop Handling or Harvesting: A Review. *IEEE Access*, 10, 75428-75443. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3190863>

Ecosistemas vulnerables de Yucatán: un acercamiento a la selva baja caducifolia

Autores: Jorge Uuh-Sonda, Bernardo Figueroa-Espinoza, Zulia Sanchez-Mejía

Palabras claves: selva baja yucateca, flujos de CO₂, covarianza de vórtices, monitoreo ecohidrológico, Reserva Estatal de El Palmar.

En diversos medios seguramente han oído mencionar sobre el calentamiento global y el cambio climático: el primero es un fenómeno que se ha observado desde inicios del siglo XX. Es una tendencia al aumento de la temperatura promedio de nuestro planeta (IPCC, 2021). En general, hoy nuestra Tierra es aproximadamente (en promedio) 1 °C más caliente que a finales del siglo XIX (IPCC, 2021). Parece poco, pero en realidad es mucho, ya que hablamos de datos de todos los días del año a escala global, y no solamente la variación en un día o una estación (p.ej. verano). Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado y hoy día se sabe que el principal causante es el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases conocidos como gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (IPCC, 2021; Fawzy et al., 2020). Pero, ¿qué aumentó la concentración de estos gases en la atmósfera? La respuesta es simple: nosotros.

Desafortunadamente, desde inicios del siglo pasado, con el desarrollo de la industria y el cambio en el estilo de vida de los seres humanos, se usan de manera poco racional combustibles fósiles. Dichos combustibles dejan como residuo el CO₂ (entre otros productos), el cual se ha ido acumulando en la atmósfera más allá de los niveles que el planeta puede equilibrar de forma natural. Estos GEI producidos por el humano se conocen como emisiones antropogénicas (Fawzy et al., 2020). ¿Qué es entonces el cambio climático? Una respuesta de nuestro planeta al calentamiento global, derivando en modificaciones de los patrones de lluvias, sequías, temperaturas extremas, número e intensidad de huracanes.

Y a todo esto, ¿qué tiene que ver la selva baja yucateca? Bueno, los organismos que son productores primarios o autótrofos producen su propio alimento, como las plantas que vemos en los ecosistemas terrestres, costeros y marinos. Estos contribuyen a retirar de la atmósfera el CO₂ durante el proceso de fotosíntesis (Donato et al., 2011; Sedjo et al., 2012). En este proceso, el CO₂ es transformado en Biomasa (hojas, raíces, tallos) y oxígeno. Por ello, los ecosistemas y su vegetación son en realidad nuestros alia-



La buena noticia es que la península de Yucatán posee gran cantidad de vegetación: más del 30 % de las selvas y 50 % de los manglares de México (CONABIO, 2020). Desde 2015, hemos trabajado en la implementación de un Observatorio Ecohidrológico que nos permita conocer el estado actual de un ecosistema amenazado: la selva baja caducifolia yucateca. Este ecosistema se encuentra al noroeste de la península de Yucatán, y prácticamente rodea al área metropolitana de Mérida y los municipios de Umán y Hunucmá. La mala noticia es que en los últimos años se ha observado una alta deforestación en este ecosistema a causa de nuevos desarrollos urbanos e industriales. Algunas estimaciones indican que en el estado de Yucatán se deforestan aproximadamente 13 776 hectáreas por año (CONAFOR, 2022a y 2022b), aproximadamente el 0.5 % de la superficie forestal del estado.

Esta selva es un ecosistema caducifolio-subcaducifolio (Figura 1), lo que significa que durante el periodo seco del año (febrero-mayo) la mayoría de los árboles tiran sus hojas, mientras que con la llegada de las lluvias (junio-octubre) estos reverdecen produciendo nuevas hojas, tallos y raíces (utilizando el CO₂ de la atmósfera). A su vez, el ecosistema es productivo con solo 618 mm de lluvia al año (Uuh-Sonda et al., 2022). Entre las especies emblemáticas encontramos *Gymnopodium floribundum* (en maya: *ts'iits'il che'*), *Caesalpinia gaumeri* (*kitim che'*), *Lysiloma latisiliquum* (*tsalam*), *Bursera simaruba* (*chakah*) y *Lonchocarpus xuul* (*k'an xu'ul*).

Figura 1. Comparación estacional de la selva baja yucateca caducifolia-subcaducifolia. A la izquierda foto tomada a inicios de mayo de 2017 (temporada seca); a la derecha foto tomada a finales de junio de 2017 (temporada húmeda).



El Observatorio Ecohidrológico (perteneciente a la red MexFlux, Tarin-Terrazas et al., 2022) se encuentra en la Reserva Estatal de El Palmar (Figura 2.a), aproximadamente a 14 km de la costa de Sisal, Yucatán. Consiste de una torre de 24 metros (Figura 2.b), equipada con instrumentos biometeorológicos que nos permiten medir principalmente: radiación neta y fotosintéticamente activa (la parte aprovechable por las plantas), temperatura y humedad del aire, precipitación, y humedad en el suelo, entre otras variables. También cuenta con un sistema conocido como Sistema de Covarianza de Vórtices (Eddy Covariance en inglés) que emplea un anemómetro sónico (para medir la velocidad del viento) y un analizador infrarrojo de gases (para medir concentración de CO_2 y H_2O), para estimar los flujos verticales del CO_2 (y también de vapor de agua y calor). Un flujo vertical de CO_2 hacia arriba significa que el ecosistema libera este gas como consecuencia de la respiración de plantas y animales, y también debido a la descomposición natural de materia orgánica en el suelo (hojas y ramas); por otro lado, un flujo vertical de CO_2 hacia abajo significa que este ecosistema está retirando dicho gas de la atmósfera a través de la fotosíntesis (Figura 3). Estos datos nos proporcionan un panorama global de qué tan buena es esta selva para mitigar de forma natural el calentamiento global. Se tienen mediciones de 2.6 años casi ininterrumpidos (de enero de 2017 a agosto de 2019) y se espera una reactivación completa en este 2024. Pudimos observar que dicho ecosistema es muy variable en el tiempo. Dicha variabilidad, se puede atribuir a que el ecosistema tiene "memoria", responde a las condiciones de humedad y acumulación de material orgánico de años previos y la intensidad del periodo de lluvias en el año observado.

Figura 2. a) Localización del Sitio de Monitoreo Ecohidrológico de la Reserva Estatal de El palmar. b) Torre de 24 metros instrumentada con el Sistema de Covarianza de Vórtices e instrumentos Biometeorológicos.

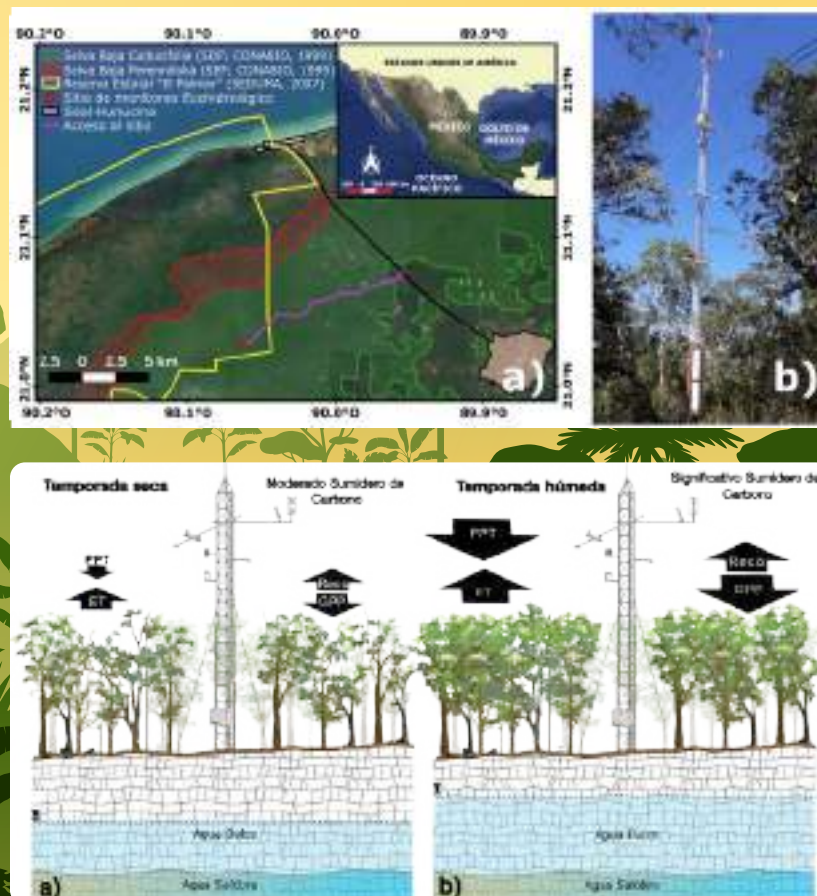


Figura 3. Diagrama conceptual de los flujos diarios para la época seca y húmeda del año. PPT: Precipitación; ET: Flujo de vapor de agua (Evapotranspiración); GPP: Captura de CO_2 vía fotosíntesis (Producción Primaria Bruta); Reco: Liberación a la atmósfera de CO_2 vía la Respiración del Ecosistema.

En general, pudimos determinar que esta selva baja yucateca es capaz de retirar de la atmósfera (Uuh-Sonda et al., 2022) entre 1.09 (en el 2017) a 7.06 (en el 2018) toneladas de carbono por hectárea (t/ha) por año como comparación, capturar 1 t/ha de carbono significa retirar de la atmósfera el total anual de CO₂ emitido por dos automóviles conducidos de manera frecuente... ¡Por hectárea!, lo cual es comparable con otros sitios del mundo que se estima pueden retirar y almacenar entre 5.5 y 36 t/ha por año (Soepadmo, 1993). Además, se observa la estrecha relación que tiene este ecosistema con el agua subterránea, pues calculamos que aproximadamente el 60% del tiempo, su suministro de agua proviene de esta fuente, mientras que el otro 40% suele ser suministrada por la lluvia. Actualmente el sitio de monitoreo está en reparación, ya que algunos instrumentos sufrieron desperfectos y están siendo reparados o reemplazados. Sin embargo, de salir todo bien, este sitio de monitoreo será capaz de medir de forma ininterrumpida por más tiempo, y así seguir ampliando el conocimiento de la capacidad de nuestro aliado verde en la mitigación del cambio climático.

Referencias

- Colombo, S. J., Chen, J., Ter-Mikaelian, M. T., McKechnie, J., Elkie, P. C., MacLean, H. L., & Heath, L. S. (2012). Forest protection and forest harvest as strategies for ecological sustainability and climate change mitigation. *Forest Ecology and Management*, 281, 140-151.
- CONAFOR, (2022a). Deforestación bruta en México durante el periodo de 2001 al 2018. Tasa de Deforestación a Nivel Estatal. <https://snmf.cnf.gob.mx/deforestacion/>
- CONAFOR, (2022b). Cobertura de Suelo 2016 por estados. <https://snmf.cnf.gob.mx/cobertura-del-suelo/>
- CONABIO, (2020). Extensión y distribución de manglares. Estadísticas Estatales (Consultado: 20/septiembre/2022). <https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/smmm/extensionDist>
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarsa, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature geoscience*, 4(5), 293-297.
- Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 18(6), 2069-2094.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.
- Sedjo, R., & Sohngen, B. (2012). Carbon sequestration in forests and soils. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 4(1), 127-144.
- Soepadmo, E. (1993). Tropical rain forests as carbon sinks. *Chemosphere*, 27 (6), pp. 1025-1039



Kaxantik junp'éeel túumben ts'aak: junp'éeel paakat ti le tz'áak xiiw mayaobo

En búsqueda del nuevo antimicrobiano: una mirada a la flora medicinal maya

Autores: Angel de Jesús Dzul-Beh, Andrés Humberto Uc-Cachón, Bertha Jiménez-Delgadillo, Nathaly Marcela Guzmán-Pineda, Gloria María Molina-Salinas

Palabras clave: medicina tradicional maya, flora medicinal maya, resistencia antimicrobiana, antibióticos.

Medicina tradicional y flora medicinal

Desde sus orígenes y hasta el día de hoy, los seres humanos han dependido de la naturaleza para satisfacer sus necesidades básicas, incluyendo el tratamiento de enfermedades. Particularmente, las plantas han sido el recurso natural más empleado para atender problemas de salud, y es gracias al conocimiento empírico de los pueblos originarios (1).

Numerosas especies vegetales han sido utilizadas durante miles de años por diferentes culturas alrededor del mundo, y son la base de los sistemas de medicina tradicional (MT). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la MT como el conjunto de "conocimientos, técnicas y prácticas fundamentadas en las teorías, creencias y experiencias propias de diferentes culturas, que se utilizan para mantener la salud y prevenir, diagnosticar, mejorar o tratar trastornos físicos o mentales" (1).

La MT abarca una amplia variedad de prácticas y terapias, que incluye los tratamientos con plantas, animales y/o minerales, terapias manuales y espirituales, acupuntura y acupresión, entre otras, que varían entre países y sus regiones. Su importancia radica en que ha contribuido y continúa apoyando enormemente a la salud humana, principalmente en la atención primaria, es decir, a nivel de la comunidad (2). De acuerdo con la OMS, las plantas medicinales continúan desempeñando una función esencial en el cuidado de la salud, y estima que el 80 % de la población mundial utiliza la flora medicinal de manera habitual (1).

El uso de plantas medicinales en México se remonta a la medicina prehispánica. Diversos pueblos desarrollaron prácticas que incluían el uso de plantas para tratar enfermedades. Específicamente en la península de Yucatán, la MT maya es una práctica milenaria y reconocida a nivel mundial (3). Al mismo tiempo, constituye una riqueza biocultural importante y utilizada hasta nuestros días, destacándose el uso de plantas medicinales para tratar enfermedades de diversa índole (Fig. 1).

Figura 1. Preparación de sancochado (cocción de la planta en agua hirviendo) de plantas medicinales mayas.



Estudios etnobotánicos y etnofarmacológicos han documentado el uso de la flora medicinal maya para el tratamiento y cura de diversas enfermedades y padecimientos (4,5). Además, se han evaluado las actividades antiparasitaria, antibacteriana, antiviral, antidiabética, entre otras, y se ha observado que algunas especies vegetales presentan propiedades farmacológicas con potencial aplicación en la salud (6, 7,8). La actividad biológica de la flora medicinal maya se debe a sus fitoconstituyentes y son principalmente los metabolitos secundarios (compuestos de naturaleza química diversa y/o novedosa no esenciales para su supervivencia, pero que intervienen en las interacciones ecológicas planta-ambiente) los responsables del efecto farmacológico. El estudio sistemático de plantas medicinales ha conducido al desarrollo de fármacos, nutraceuticos y suplementos alimenticios (9).

Flora medicina maya como fuente de agentes antiinfecciosos

La resistencia antimicrobiana (RAM), principalmente a los antibióticos, se considera una amenaza para la salud pública, la seguridad alimentaria e incluso el desarrollo de la humanidad. Esta sucede de manera natural, pero ha incrementado por el uso indebido y excesivo de antibióticos, que condujo a infecciones persistentes y al desarrollo de bacterias con resistencia a múltiples fármacos, para las cuales el arsenal terapéutico se agota (Fig. 2). Las infecciones pueden ser adquiridas en la comunidad (comunitarias) o en los hospitales (asociadas a la atención de la salud). Al ser causadas por patógenos resistentes, conllevan estancias hospitalarias prolongadas, costos de atención elevados y se asocian a mayor mortalidad (10).



Figura 2. Antibiograma de bacterias resistentes a antibióticos.

La necesidad de nuevos antibióticos es apremiante. Una alternativa para abordar esta problemática es la búsqueda a partir de fuentes naturales, en particular desde plantas medicinales mayas que refieran su uso para tratar infecciones y/o signos y síntomas sugestivos de estas.

Nuestro grupo de investigación en RAM conformado por investigadores y estudiantes de la Unidad de Investigación Médica Yucatán del IMSS, y de las Facultades de Medicina e Ingeniería Química de la UADY, se enfoca en la investigación de la flora medicinal maya como una fuente de nuevos antibióticos, con potencial sobre las bacterias farmacorresistentes.

El estudio sistemático de las plantas medicinales mayas permitió identificar, mediante criterios etnofarmacológicos, especies vegetales que han sido motivo de evaluación de actividad *in vitro* sobre el crecimiento de bacterias farmacorresistentes (Fig. 3)(7).

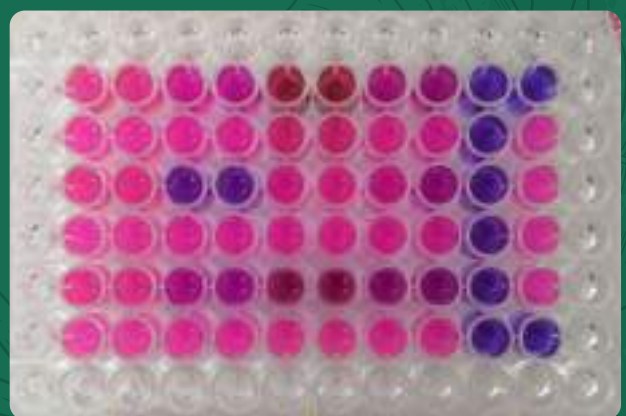


Figura 3. Efecto antibacteriano de extractos de plantas medicinales mayas.

En un segundo y tercer abordaje estudiamos el potencial de la flora medicinal maya sobre los mecanismos de farmacorresistencia y factores de virulencia bacteriana (Fig. 4). Además, analizamos la composición química de los extractos activos para identificar los fitoconstituyentes responsables de la actividad antiinfecciosa (8,11).



Figura 4. Mecanismos antifarmacorresistencia y antivirulencia.

Los resultados mostraron que *Bignonia potosina*, *Krugiodendron ferreum*, *Thouinia paucidentata*, *Gymnopodium floribundum* y *Matayba oppositifolia* (Tabla 1, Fig. 5) se distinguen como poseedoras de fitoconstituyentes con potencial contra bacterias farmacorresistentes de atención prioritaria (7).

Tabla 1. Plantas medicinales mayas con uso tradicional para tratamiento de infecciones.

Nombre científico	Nombre común o maya	Familia
<i>Bignonia potosina</i> (K. Schum. & Loes.) L.G. Lohmann	x ek ixil	Bignoniaceae
<i>Krugiodendron ferreum</i> (Vahl) Urb	x'chintok	Rhamnaceae
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	kanchunep	Sapindaceae
<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	ts'iits'iliche'	Polygonaceae
<i>Matayba oppositifolia</i> (A. Rich.) Britton	huaya	Sapindaceae

Figura 5. a) *Bignonia potosina* en campo; b) Colecta de hojas de *Thouinia paucidentata*.



Nuestras investigaciones contribuyen al avance científico e innovación tecnológica en química y farmacología de la flora medicinal maya con relevancia y beneficio para nuestra salud; además, enfatizan la revalorización de la MT de los pueblos originarios y la bioprospección (exploración de fuentes naturales cuyos componentes químicos, información bioquímica y genética poseen potencial para su comercialización en la industria farmacéutica, cosmética, agrícola, acuícola y de biorremediación) de las especies vegetales.

Actualmente, con el apoyo del IMSS (proyecto No. R-2023-785-014, Convocatoria 2023: Temas Prioritarios, Población Vulnerable y Temas Emergentes), continuamos la investigación del potencial de la flora medicinal maya sobre bacterias resistentes a antibióticos de interés prioritario, con la colaboración multidisciplinaria y multiinstitucional.

Referencias bibliográficas:

1. World Health Organization. (2002). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2002-2005 (No. WHO/EDM/TR-M/2002.1). Organización Mundial de la Salud.
2. Hirose López, Javier. (2018). La medicina tradicional maya: ¿Un saber en extinción?. *Trace* (México, DF), (74), 114-134. <https://doi.org/10.22134/trace.74.2018.174>
3. Ortiz, G. O. C., Cordero, W. D. J. A., & Morales, R. R. (2017). Médicos tradicionales mayas y el uso de plantas medicinales, un conocimiento cultural que continúa vigente en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. *Teoría y praxis*, (21), 67-89.
4. Osado, R., Barrera, A., & Vásquez, A. B. (1983). El libro del judío: su ubicación en la tradición botánica y en la medicina tradicional yucatanense. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
5. Arellano-Rodríguez, J.A., Flores-Guido, J.S., Tun-Garrido, J., Cruz-Bojórquez, M.M. (2003). *Etnoflora yucatanense: Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán* (No.20). Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.
6. Hernández-Bolio, G. I., Ruiz-Vargas, J. A., & Pena-Rodríguez, L. M. (2019). Natural products from the Yucatecan flora: structural diversity and biological activity. *Journal of natural products*, 82(3), 647-656. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.8b00959>.
7. Uc-Cachón, A. H., Dzul-Beh, A.J., Palma-Pech, G. A., Jiménez-Delgadillo, B., Flores-Guido, J. S., Gracida-Osorno, C., & Molina-Salinas, G. M. (2021). Antibacterial and antibiofilm activities of Mayan medicinal plants against Methicillin-susceptible and-resistant strains of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 279, 114369. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114369>.
8. Dzul-Beh, A.J., Uc-Cachón, A.H., González-Sánchez, A.A., Dzub-Baak, H.E., Ortiz-Andrade, R., Barrios-García, H.B., Jiménez-Delgadillo, B., Molina-Salinas, G.M. (2023). Antimicrobial potential of the Mayan medicine plant *Matayba oppositifolia* (A. Rich.) Britton against antibiotic-resistant priority pathogens. *Journal of Ethnopharmacology*, 300, 115738. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115738>.
9. Twajj, B. M., & Hasan, M. N. (2022). Bioactive secondary metabolites from plant sources: types, synthesis, and their therapeutic uses. *International Journal of Plant Biology*, 13(1), 4-14.
10. Uc-Cachón, A. H., Gracida-Osorno, C., Luna-Chí, I. G., Jiménez-Guillermo, J. G., & Molina-Salinas, G. M. (2019). High prevalence of antimicrobial resistance among gram-negative isolated bacilli in intensive care units at a tertiary-care hospital in Yucatán Mexico. *Medicina*, 55(9), 588. <https://doi.org/10.3390/medicina55090588>.
11. Gill, E. E., Franco, O. L., & Hancock, R. E. (2015). Antibiotic adjuvants: diverse strategies for controlling drug-resistant pathogens. *Chemical biology & drug design*, 85(1), 56-78. <https://doi.org/10.1111/cbdd.12478>.

Huellas sobre el asfalto: atropellamiento de vertebrados en las carreteras de la península de Yucatán (2016-2021)

Autores: Carlos Yáñez-Arenas, Adriana Carrasco-Salgado, Karla Rodríguez-Medina
Palabras clave: impacto carretero, vertebrados, atropellamiento de fauna

Las carreteras son esenciales para el desarrollo socioeconómico (Morlans, 2005). Sin embargo, también generan diversos impactos ambientales que perjudican profundamente a los ecosistemas y las especies que los habitan (Rojas-Chacón, 2011). Uno de los más preocupantes es el atropellamiento de fauna silvestre, que afecta a una gran cantidad de especies y pone en riesgo su supervivencia (Gottender et al., 2001).

Los estudios sobre el atropellamiento en carreteras son fundamentales para la planificación y construcción de infraestructura vial responsable (Arroyave et al., 2006). Estos resultan particularmente urgentes en regiones con un acelerado crecimiento urbano, como la península de Yucatán (PY). En esta región, la red de carreteras se ha expandido de manera considerable en las últimas dos décadas, representando una grave amenaza para muchas especies. Si bien existen varios estudios sobre el atropellamiento de fauna en la región (Benítez & Escalona-Segura, 2021), estos se han centrado en tramos específicos y períodos cortos.

En un estudio reciente realizado por el Laboratorio de Ecología Geográfica de la Facultad de Ciencias de la UNAM, analizamos el impacto de las carreteras sobre los vertebrados a escala regional en la PY durante seis años (2016-2021). Para ello, utilizamos datos del portal Naturalista, donde creamos el proyecto DOR (*death on the road*, «muerte en el camino»). A partir de estos datos, obtuvimos el número total de individuos atropellados y una lista de las especies impactadas. Además, analizamos las variables: grupo taxonómico, temporada (lluvias/secas) y año (2016-2021). Posteriormente, clasificamos a las especies impactadas según su vulnerabilidad en la norma mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) y en organismos internacionales, como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Finalmente, documentamos cuáles fueron las especies endémicas de la PY.



Obtuvimos 572 registros de atropellamientos, abarcando 100 especies de vertebrados. La mayoría de los incidentes se reportaron en los alrededores de la ciudad de Mérida (Figura 1). Predominaron los reptiles, seguidos por los mamíferos, aves y anfibios (Figura 2-Izquierda). En términos de diversidad de especies, se encontró que los reptiles también fueron el grupo más afectado, seguidos por las aves, mamíferos y anfibios (Figura 2-Derecha).

Las especies más afectadas por grupo taxonómico se presentan en la Figura 3 con el total de individuos atropellados. Dentro de las especies registradas, 25 se encuentran en alguna categoría de riesgo, destacando la serpiente de cascabel yucateca (Figura 4) por el alto número de individuos atropellados (28).

La lista completa de especies atropelladas entre el 2016 y el 2021 está disponible en el siguiente enlace: https://www.researchgate.net/publication/378549643_DOR_Yucatan.

Figura 1. Mapa de la península de Yucatán que muestra las carreteras y los atropellamientos de vertebrados durante el período 2016-2021.

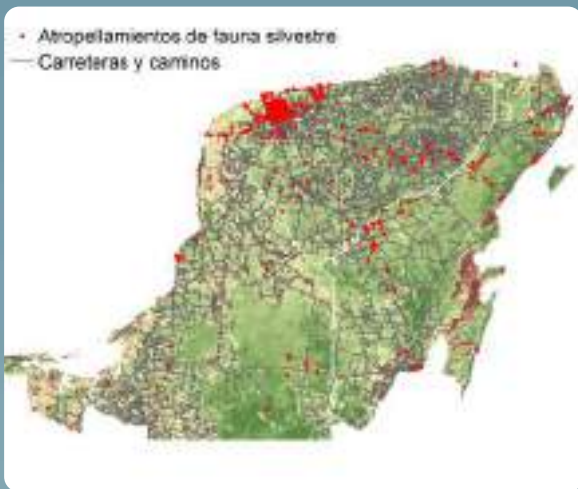


Figura 2. Porcentajes de individuos (izquierda) y especies (derecha) de vertebrados atropellados en las carreteras de la península de Yucatán entre 2016 y 2021.



Figura 3. Especies más afectadas por atropellamientos en la península de Yucatán en cada grupo taxonómico durante el período 2016-2021: A) reptiles (tolok, *Ctenosaura similis*, 64 individuos), B) mamíferos (coatí, *Nasua narica*, 10 individuos), C) aves (chachalaca, *Ortalis vetula*, 7 individuos), y D) anfibios (sapo gigante, *Rhinella horribilis*, 20 individuos).



Figura 4. Fotografía de cascabel yucateca (*Crotalus tzabcan*) atropellada en una carretera de la península de Yucatán.



Respecto a la temporalidad, cada año se obtuvo una mayor cantidad de individuos atropellados durante el período de lluvias, con excepción del 2021 (**Figura 5a**). Esto resultó en un mayor porcentaje del total con respecto a la temporada de secas (**Figura 5b**). No obstante, el porcentaje del total de especies atropelladas en lluvias fue ligeramente mayor al obtenido en secas (**Figura 5c**).

Las especies más afectadas durante las temporadas de lluvias fueron las mismas que en secas: el tolok (*Ctenosaura similis*), la boa imperial (*Boa imperator*) y la serpiente lagartijera olivácea (*Mastigodryas melanolomus*). Los reptiles fueron el grupo más afectado en la temporada de lluvias, mientras que en la de secas la cantidad de individuos atropellados fue similar entre reptiles y mamíferos, con las aves ligeramente por debajo (**Figura 6**).

Nuestro estudio respalda hallazgos previos que señalan el impacto negativo de las carreteras en la biodiversidad, reflejando una preocupante tendencia de atropellamientos que afectan a una amplia variedad de especies en la PY (Hartmann et al., 2011; González-Gallina & Benítez-Badillo, 2013).

El grupo más afectado son los reptiles, lo que concuerda con investigaciones previas en otras regiones tropicales (Arroyave et al., 2006), sin embargo, no concuerda con los resultados de estudios realizados en México, en donde los mamíferos fueron el grupo más afectado (Sánchez-Acuña & Benítez, 2021). Esta variación puede atribuirse a factores como la densidad de tráfico, la respuesta específica de la fauna ante la presencia de las carreteras y a la dinámica específica de factores ambientales entre las diferentes regiones del país.

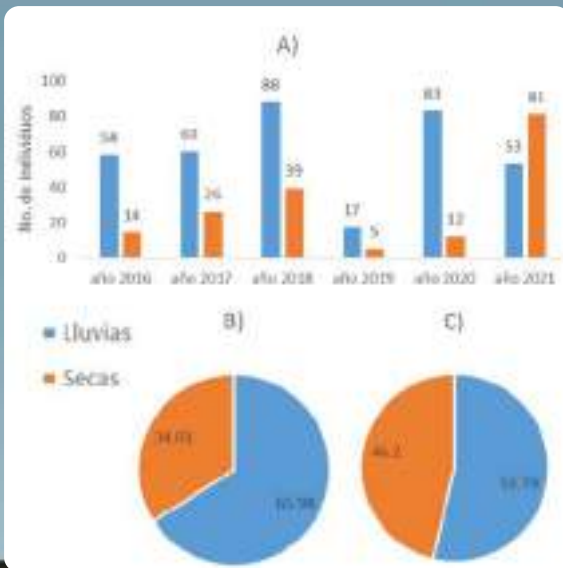


Figura 5. Variación en los atropellamientos de vertebrados en la península de Yucatán (2016-2021): A) frecuencia absoluta, B) porcentaje de individuos, y C) porcentaje de especies.

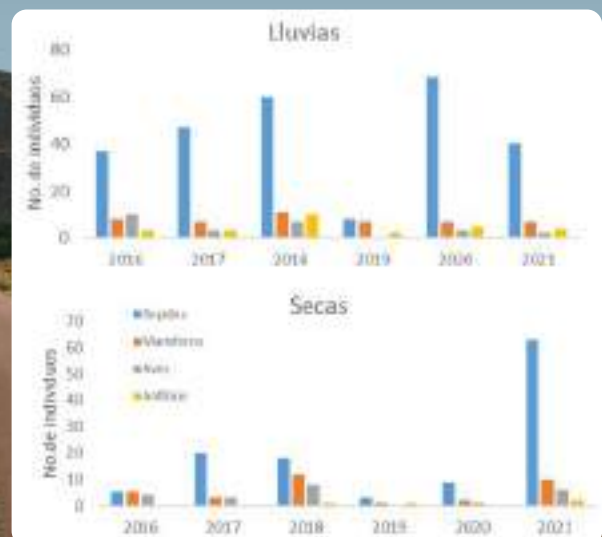


Figura 6. Frecuencia absoluta de atropellamientos de vertebrados por temporada, por año y por grupo taxonómico en la península de Yucatán durante el período 2016-2021.

Es importante destacar la situación particular de los reptiles, especialmente las serpientes, que enfrentan estigmatización y prejuicios que pueden contribuir a su alto índice de atropellamiento (Casas Andreu, 2000; Hartmann et al., 2011).

En cuanto a las recomendaciones, es crucial que las autoridades implementen medidas de mitigación efectivas para reducir el impacto de los atropellamientos en la fauna silvestre. Esto incluye la identificación de áreas críticas de atropellamientos para la instalación de señalamientos adecuados, así como la implementación de reductores de velocidad en lugares estratégicos de las carreteras. Además, es fundamental llevar a cabo una campaña de concientización dirigida a la comunidad local y a las personas usuarias de las carreteras, resaltando la importancia de la conservación de la fauna silvestre y promoviendo conductas responsables al conducir.

Nuestro estudio resalta la urgencia de abordar el impacto negativo que las carreteras tienen en la biodiversidad de la península de Yucatán.

Referencias

- Arroyave, M. D. P., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C., & Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, 5, 45-57. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n5/n5a04.pdf>
- Benítez, J., & Escalona-Segura, G. (Eds.). (2021) Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudios de caso para el sureste de México. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2160/3/60836_Documento.pdf
- Casas Andreu, G. (2000). Mitos, leyendas y realidades de los reptiles en México. *Ciencia Ergo Sum*, 7(3), 286-291. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10401912.pdf>
- González-Gallina, A., & Benítez-Badillo, G. B. (2013). Road ecology studies for Mexico: A review. *Oecologia Australis*, 17(1), 175-190. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.14>
- Gottdenker, N., Wallace, R. B., & Gómez, H. (2001). La importancia de los atropellos para la ecología y conservación: Dinomys branickii un ejemplo de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 35, 61-67. https://www.researchgate.net/profile/Robert-Wallace-16/publication/268577756_La_importancia_de_los_atropellos_para_la_ecologia_y_conservacion_Dinomys_branickii_un_ejemplo_de_Bolivia/links/54710cb00cf24af340c3b967/La-importancia-de-los-atropellos-para-la-ecologia-y-conservacion-Dinomys-branickii-un-ejemplo-de-Bolivia.pdf
- Hartmann, P. A., Hartmann, M. T., & Martins, M. (2011). Snake road mortality in a protected area in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 6(1), 35-42. <https://doi.org/10.2994/057.006.0105>
- Morlans, M. C. (2005). Introducción a la Ecología del Paisaje. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca. <https://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/001-Introd-ecologia-del-paisaje.pdf>
- Rojas-Chacón, E. (2011). Atropello de vertebrados en una carretera secundaria en Costa Rica. *UNED Research Journal*, 3(1), 81-84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=515651983009>
- Sánchez-Acuña, M., & Benítez, J. (2021). Actividad relativa de mamíferos silvestres en pasos no específicos de fauna de la carretera 186, en la reserva de la biosfera de Calakmul y la zona sujeta a conservación Balam-kú, Campeche, México. En J. Benítez, & G. Escalona (Eds.), Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudios de caso para el sureste de México (pp. 732). El Colegio de la Frontera Sur.



¿Divulgar o difundir la ciencia? Retos de la profesionalización de las personas divulgadoras

Autor: Julio César Domínguez Orta

Palabras clave: divulgación, difusión, enseñanza de la ciencia

Cotidianamente se afirma que la ciencia es el motor del desarrollo económico e industrial, el crecimiento de una nación e incluso, más recientemente, un área generadora de alternativas para el cuidado del planeta y que aminoren los impactos del cambio climático. No obstante, para ser conscientes de la importancia que tiene la ciencia en la vida de las personas, se requieren esfuerzos mayúsculos por parte de quienes producen el conocimiento: la comunidad científica.

Pero qué hacer... ¿divulgar o difundir? Para entender, hay que conocer un poco más el surgimiento del interés por comunicar la ciencia en México.

En nuestro país, la ciencia como formalmente la conocemos, fue introducida en la época colonial con el establecimiento de las universidades, pero fue hasta mediados del siglo XVIII que científicas y científicos quisieron ir más allá de generar el conocimiento e iniciaron en la exploración de comunicar sus resultados en periódicos, libros y en reflexiones impresas; estos avances se truncaron un poco cuando estalló la Guerra de Independencia y las prioridades se centraron en la búsqueda de la libertad.

Figura 1. *Libra astronómica y philosophica*, de Sigüenza y Góngora. Explicaba el fenómeno natural de los cometas desde una perspectiva racional y basada en las teorías de Copérnico, Galileo y Descartes. Causó fuertes debates por oponerse a la visión del fraile Eusebio Kino, autor de *Exposición astronómica del cometa*. Tomada de: <https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/detalle-ficha/36935/>



El trabajo de la comunidad científica se retomaría hasta el mediados del siglo XIX con la reedición de antiguos libros, la aparición de algunos nuevos y la conformación de las primeras asociaciones y sociedades científicas; posteriormente, en el siglo XX este trabajo por comunicar la ciencia empezó a tomar fuerza con el surgimiento de más universidades y centros de investigación en el país (Magaña Rueda, 1996).

En la actualidad, la atmósfera científica ha ido evolucionando por diversas razones, entre ellas, el estudio de fenómenos sociales, problemas ambientales, de salud, entre otros. Igualmente ha evolucionado en cómo las personas que se dedican a la ciencia comunican sus resultados a la sociedad.

Esta tarea de comunicar la ciencia no siempre, ni para todas las personas, resulta una tarea sencilla, pues hasta recientes fechas es que la divulgación científica se empieza a profesionalizar en el país. Así es, las personas de diversas áreas de la ciencia (físicas, matemáticas, historiadoras, literatas, químicas, etc.), además de tener una formación en dicho campo, pueden adquirir conocimientos y especializarse, o al menos capacitarse, en el área de la comunicación de la ciencia a fin de compartir de la forma más asertiva posible, aspectos de interés o resultados de sus proyectos con el público no especializado (Martín-Rivero et al., 2019).

Si bien la comunidad académica está muy familiarizada con la impartición de cursos sobre temas científicos, clases, capacitaciones, asesorías y similares, hay que considerar que esta acción corresponde a la «enseñanza de la ciencia» que, en general, sigue un modelo de transferencia de conocimientos, y aunque puede haber interacción e intercambio de saberes entre el estudiante y el profesor, la dominancia recae en el emisor, que es la persona que enseña sobre ciencia.

Figura 2. Dr. Javier Mijangos Cortés, investigador del CICY en una sesión de clases (octubre, 2023).



Otra acción, que todo el tiempo suele confundirse con la divulgación, es la difusión científica. Y en esta última área, el personal de investigación tiene mucha experiencia al ser una práctica muy habitual y cotidiana, ya que le corresponde comunicar aspectos de su trabajo académico en congresos, seminarios o a través de la publicación de artículos, es decir, se comunican con personas con un nivel de comprensión de la ciencia igual o similar (Espinosa Santos, 2010).

Y en realidad, la divulgación de la ciencia se refiere al acto de comunicar la ciencia a un público no especializado y diverso, idealmente voluntario, con todo el trabajo que esto implica: habrá que ajustar el lenguaje, el formato, el medio para transmitir, el tono e incluso la logística para organizar eventos.

Los artículos en revistas de divulgación, las exposiciones en centros y museos interactivos, los *shows*, el *stand up*, los talleres, las ferias y las obras teatrales sobre ciencia son algunos ejemplos de canales por los cuáles se puede divulgar conocimiento con el último fin de que el público se apropie de él y comprenda la repercusión de la ciencia en su entorno.

Figura 3. Actividad de divulgación para público juvenil. Evento: CICY Casa Abierta, 2023.



Aquí es donde se puede denotar la necesidad de profesionalización en el área de la divulgación científica, que si bien, existen grandes divulgadores y divulgadoras en México, también es cierto que hay una gran área de oportunidad en la comunidad científica para capacitarse en esta materia y comunicar de forma más efectiva su quehacer con la sociedad. Igualmente, en las instituciones existen oportunidades para crear o fortalecer áreas especializadas en la divulgación para asesorar o apoyar al personal de investigación.

Existen áreas muy concretas de necesidad para robustecer la labor divulgativa, algunas son: mayor reconocimiento a las personas divulgadoras en los ámbitos académicos y sociales, financiamiento de proyectos de divulgación, quizá pensar en la evaluación de la divulgación (a fin de mejorar las prácticas) y, por supuesto, la capacitación y disposición de las personas que se dedican a la ciencia (Reyes, 2020).

Al final, la divulgación es benéfica y necesaria tanto para la población, que podrá acceder a la ciencia y sus beneficios como un derecho universal, pero lo más importante, comprenderla y utilizarla; como para la comunidad científica, que tendrá ventajas como conectar los proyectos de investigación con la sociedad, incidir en la sociedad y políticas públicas, contribuir en la construcción de una sociedad crítica y poder comunicar temas o proyectos de forma más expedita y accesible.

Con la divulgación, todas las partes de la ecuación ganan.



Figura 4. Demostración experimental «El epazote polifacético», con jóvenes de secundaria de Chapab, Yucatán. Evento: Ruta de la ciencia/Talento CICY (octubre, 2023).

Referencias

- Magaña Rueda, P. (1996). Divulgar la ciencia en México: un reto. Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación, 55, 41-43. <https://repositorio.flacoandes.edu.ec/bitstream/10469/12992/1/REXTN-Ch55-11-Magana.pdf>
- Martín-Rivero, M., Gorina-Sánchez, A., & Alonso-Berenguer, I. (2019). Profesionalización de profesores universitarios en la gestión de la comunicación científica para el desarrollo local. Luz, 18(3), 1-15. <http://eprints.rclis.org/39226/1/977-1-2810-1-10-20190626.pdf>
- Espinosa Santos, V. (2010). Difusión y divulgación de la investigación científica. Idesia, 28(3), 5-6. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292010000300001>
- Reyes, M. (2020). Urge Juan Tonda Mazón la creación de un Sistema Nacional de Divulgadores de la Ciencia. Revista Mexicana de Comunicación, 145. <http://mexicanadecomunicacion.com.mx/urge-juan-tonda-mazon-la-creacion-de-un-sistema-nacional-de-divulgadores-de-la-ciencia/>



gaceta

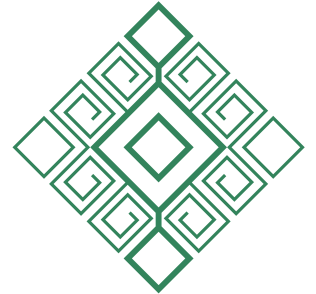
Órgano Oficial de Divulgación del Sistema de Investigación, Innovación
y Desarrollo Tecnológico del Estado de Yucatán



UPY BIS
UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE YUCATÁN



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN



ECOSUR




CIATEJ


CICY



gaceta

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

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



Juntos transformemos
Yucatán
GOBIERNO DEL ESTADO

SIIES
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN
SUPERIOR



Parque Científico y
Tecnológico de Yucatán



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología