

ISSN 2992-6807  
Número 6  
julio - diciembre, 2024



**SECRETARÍA ACADÉMICA**  
Coordinación de Investigación y Posgrados

# LUCIDUM CIENCIA

Revista de **Divulgación Multidisciplinaria**  
del Centro Universitario de la Costa

*Ciencias Exactas • Medicina y Salud • Humanidades y Conducta  
Tecnología • Ciencias Sociales y Económicas  
Ciencias Naturales y Agropecuarias • Ciencias de la Tierra y de la Atmósfera*

latindex



**DIRECTORIO** Dr. Ricardo Villanueva Lomelí. *Rector General*  
**UNIVERSIDAD DE** Dr. Jorge Téllez López. *Rector del Centro Universitario de la Costa*  
**GUADALAJARA** Dr. José Luis Cornejo Ortega. *Secretario Académico*

*Editor en Jefe*

Dr. Fernando Vega Villasante

*Consejo Editorial*

Dr. Jorge Téllez López

Dr. José Luis Cornejo Ortega

Mtra. Mirza Liliana Lazareno Sotelo

Dr. José Carlos Cervantes Ríos

Dr. Fabio Germán Cupul Magaña

Dr. Rodrigo Espinoza Sánchez

Dr. Fernando Vega Villasante

*Editores Asociados*

Dra. Liza Danielle Kelly Gutiérrez. *Biología y Química*

Dra. Stella Maris Arnaiz Burne. *Turismo y Desarrollo Sustentable*

Dr. Jesús Cabral Araiza. *Ciencias Médicas y de la Salud*

Dr. Remberto Castro Castañeda. *Ciencias de la Conducta*

Dr. Luis Javier Plata Rosas. *Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra*

Dra. Gabriela Andrea Scartascini Spadaro. *Educación y Humanidades*

Dr. Marco Antonio Delgadillo Guerrero. *Ciencias Sociales y Económicas*

Dr. Saúl Rogelio Guerrero Galván. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*

Dr. Jorge Ignacio Chavoya Gama. *Ingenierías y Arquitectura*

Dra. Olimpia Chong Carrillo. *Multidisciplinaria*

*Cuidado de la Edición*

**REGISTRO DE** Lic. Laura Biurcos Hernández  
**ARTÍCULOS** *Diseño de portada*

fvillasante@cuc.udg.mx Mtro. Francisco Gerardo Herrera Segoviano

LUCIDUM CIENCIA. Año 3, Núm. 6, julio-diciembre 2024, es una publicación semestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través de la Coordinación de Investigación y Posgrados, por la Secretaría Académica, del CUCosta. Av. Universidad #203, delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México; Tel: 322 2262200, <https://www.cuc.udg.mx/lucidum-ciencia>, fvillasante@cuc.udg.mx. Editor responsable: Fernando Vega-Villasante. Reserva de derechos al uso exclusivo del título 04-2023-021411551400-102, ISSN: 2992-6807, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Coordinación de Investigación y Posgrados, del CUCosta. Av. Universidad #203, delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México, Fernando Vega-Villasante. Fecha de la última modificación 01 de noviembre de 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

Publicación indizada en: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Latindex.

# Contenido

Editorial	3	Martín A. Aréchiga Palomera, Omar A. Peña Almaraz, Karen N. Nieves Rodríguez y Olimpia Chong Carrillo	49
¿Hacia dónde va la investigación científica sobre el cultivo de moluscos y peces en México?: especies exóticas y el compromiso social		¿Cuidado con lo que bebes! Analizando la calidad del agua en los bebederos del Centro Universitario de la Costa	
Olimpia Chong Carrillo, Martín A. Aréchiga Palomera, Omar A. Peña Almaraz, Karen N. Nieves Rodríguez y Manuel A. Vargas Ceballos	5	Paola Elizeth Orozco Trinidad, Alondra Julieta Quintana Pérez y Sandra Quijas	61
Ética y violencia de género en un contexto universitario		Espectros del Pasado: retratos de una niña leyenda de El Triunfo, Baja California Sur	
José Carlos Cervantes Ríos, Myriam Jazmín González González y Dolores Marisa Martínez Moscoso	10	María Fernanda Vega Romero	72
Este era un gato...		¿Qué opina ChatGPT y Gemini (IA) sobre la acuicultura en México?: retos y oportunidades	
Luis Daniel Plata Kelly y María del Carmen Cortés Lara	16	César Antonio Sepúlveda-Quiroz, Carlos Alfonso Álvarez-González, Rafael Martínez-García, Graciela María Pérez-Jiménez, Gloria Gertrudys Asencio-Alcudia, Yael José Trajo-Sánchez, Uriel Estrada Rodríguez, Francisco López Villarreal y Leticia López Valdivieso	78
La convivencia de la magia y la ciencia, del sobador y del rehabilitador		¿Cuáles son los hábitos de consumo en universitarios que más huella de carbono producen?	
Michellet Acosta Altunaga y Flor Micaela Ramírez Leyva	20	Liza Danielle Kelly Gutiérrez y Marcela De Niz Villaseñor	84
Repelentes botánicos y repelentes sintéticos: ¿Eficaces o no?		Acuaponía de traspatio y el dormilón gordo del Pacífico: ¿Un paso hacia la soberanía alimentaria?	
Juan Diego Galaviz Parada, Manuel A. Vargas-Ceballos y Héctor Nolasco-Soria	25	Manuel A. Vargas-Ceballos, Luis E. Ruiz-González, Dulce M. Flores-Rodríguez, Daniel Badillo-Zapata y Fernando Vega-Villasante	91
La semilla de ramón: el regalo ancestral Maya, para la acuicultura del sureste mexicano		La integración transversal del emprendimiento e innovación en la educación superior en el CUCOSTA	
Uriel Rodríguez Estrada, Ignacio Bautista García, David Julián Palma Cancino, Carlos Alfonso Álvarez González, Rafael Martínez García, Otilio Méndez Marín, Gloria Asencio Alcudia, Graciela Pérez Jiménez, César Antonio Sepúlveda Quiroz y Jaime Bautista Ortega	30	Carlos Felipe Camba Pérez, Guadalupe Iris Leticia Camba Pérez, Paola Alejandra Cortés y Claudia Gauthiez González	96
Los encantos del agua...		Copépodos: organismos esenciales del ecosistema y su efecto en la salud humana	
Alfonso Silva Lee	36	María del Carmen Navarro-Rodríguez, Marco Esau González-Navarro y Fabio Germán Cupul-Magaña	103
La Juana de Arco de las ciencias: la cienciometría. De la hoguera a la luz			
Valeria S. Ocaranza Joya, Gabriela Huerta Ávila, Tania Y. Mendiola-Altamirano,			

## EDITORIAL

## Un mosaico de ciencia, innovación y compromiso social

En el número 6 de *LUCIDUM CIENCIA*, nos enorgullece presentar una edición que resalta la amplitud y la profundidad de la investigación científica en México, abordando temas que van desde la innovación en la acuicultura hasta las complejidades éticas en la educación superior. Los artículos de este número reflejan el compromiso de la comunidad científica con los desafíos sociales, ambientales y tecnológicos que enfrentamos.

Comenzamos con el artículo «¿Hacia dónde va la investigación científica sobre el cultivo de moluscos y peces en México?», que explora el impacto de las especies exóticas y el compromiso social en este campo. Este tema se complementa con «La semilla de ramón: el regalo ancestral Maya para la acuicultura del sureste mexicano», que nos recuerda la importancia de rescatar conocimientos tradicionales para promover la sostenibilidad.

El tema de la ética también ocupa un lugar central en esta edición. «Ética y violencia de género en un contexto universitario» pone de relieve la necesidad de confrontar las desigualdades de género en los espacios educativos, mientras que «La integración transversal del emprendimiento e innovación en la educación superior en el CUCOSTA» nos muestra cómo la educación puede ser una herramienta clave para fomentar el pensamiento emprendedor y creativo en los estudiantes.

La edición también incluye artículos que nos invitan a reflexionar sobre la convivencia entre el conocimiento tradicional y la ciencia moderna. «La convivencia de la magia y la ciencia del sobador y del rehabilitador» muestra cómo estas dos formas de conocimiento pueden colaborar para mejorar la salud de las personas. Por otro lado, «Repelentes botánicos y repelentes sintéticos: ¿Eficaces o no?» examina una

cuestión práctica: la efectividad de los diferentes tipos de repelentes en el control de plagas.

En cuanto al cuidado ambiental y la sostenibilidad, los artículos «Los encantos del agua» y «¡Cuidado con lo que bebes! Analizando la calidad del agua en los bebederos del Centro Universitario de la Costa» nos recuerdan que el agua, un recurso vital, merece una atención constante. A estos temas se suman «¿Cuáles son los hábitos de consumo en universitarios que más huella de carbono producen?» y «Acuaponía de traspatio y el dormilón gordo del Pacífico», que ofrecen soluciones creativas para reducir nuestro impacto ambiental y avanzar hacia una soberanía alimentaria.

La ciencia no sería lo que es hoy sin las herramientas tecnológicas. «¿Qué opina ChatGPT y Gemini (IA) sobre la acuicultura en México?» ofrece una visión sobre el papel de la inteligencia artificial en el análisis de datos y la toma de decisiones en acuicultura, una muestra de cómo la tecnología puede potenciar la ciencia. Por su parte, «Copépodos: organismos esenciales del ecosistema y su efecto en la salud humana» nos invita a explorar los beneficios de estos pequeños pero vitales organismos.

Finalmente, la cultura y la ciencia se entrelazan en «La Juana de Arco de las ciencias: la cienciometría» y «Espectros del Pasado: retratos de una niña leyenda de El Triunfo Baja California Sur». Estos artículos destacan la importancia de medir el impacto de la ciencia y nos sumergen en la riqueza de las leyendas que forman parte del imaginario colectivo.

Esta edición de *LUCIDUM CIENCIA* ofrece un verdadero mosaico de temas que van desde la innovación tecnológica hasta las tradiciones ancestrales, y desde la ética académica hasta el análisis ambiental. Invitamos a nuestros lectores a explorar cada uno de estos artículos, que son testimonio del trabajo dedicado de sus autores y del compromiso de la comunidad científica con el bienestar de nuestra sociedad.

No podemos dejar de reconocer el excelente trabajo de la maestra Laura Biurcos, de la Coordinación de Investigación y Posgrado, quien, con su talento y creatividad como diseñadora gráfica, ha dado vida a los artículos de este número. Su capacidad para combinar el diseño estético con la claridad visual ha permitido que el contenido científico se presente de una manera atractiva y profesional, facilitando la lectura y realizando la calidad de la revista. Gracias a su dedicación, cada artículo no solo informa, sino que también cautiva visualmente.

Atentamente,

Dr. Fernando Vega-Villasante, *Editor en Jefe*

# ¿Hacia dónde va la investigación científica sobre el cultivo de moluscos y peces en México?: especies exóticas y el compromiso social

Olimpia Chong Carrillo, Martín A. Aréchiga Palomera,  
Omar A. Peña Almaraz, Karen N. Nieves Rodríguez y  
Manuel A. Vargas Ceballos

**RESUMEN:** La acuicultura en México, con un enfoque tanto en especies nativas como exóticas, ha experimentado un crecimiento notable, siendo objeto de numerosos estudios para evaluar su productividad científica y tecnológica. A pesar de los avances en áreas como fisiología, nutrición y reproducción, existe una desconexión significativa entre estos avances y su aplicación práctica en tecnologías de cultivo, lo que representa un desafío crítico para la industria. Además, aunque las especies exóticas a menudo reciben más atención debido a su éxito comercial en otros mercados, es esencial también proteger y promover las especies nativas por su importancia para la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Este enfoque equilibrado es crucial para asegurar que el desarrollo de nuevas tecnologías de cultivo no solo sea económicamente viable, sino también accesible para poblaciones de escasos recursos, impactando positivamente en la seguridad

alimentaria. La investigación debe, por tanto, dirigirse más hacia especies que puedan contribuir directamente a la seguridad alimentaria local, evaluando las necesidades nutricionales y económicas de las comunidades menos favorecidas y adaptando la acuicultura para satisfacer estas necesidades de manera sostenible.

*Palabras clave:* acuicultura, especies nativas, tecnologías de cultivo, seguridad alimentaria, sustentabilidad.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura de especies nativas y exóticas en México ha experimentado un crecimiento notable y ha sido objeto de numerosos estudios para evaluar su productividad científica y tecnológica. A través de estudios detallados, investigadores han podido determinar las tendencias y proyecciones futuras de esta industria vital para la seguridad alimentaria del país.

Recibido: 12/05/2024

Aceptado: 13/06/2024

Publicado: 03/07/2024

Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara.

A pesar del interés continuo y el aumento de trabajos en este campo, se ha identificado una falta significativa de tecnologías de cultivo eficientes para muchas especies, lo que subraya una desconexión entre los avances científicos en áreas como fisiología, nutrición y reproducción, y su aplicación práctica en tecnologías de cultivo. Este es un desafío crítico que necesita ser abordado para traducir la investigación académica en beneficios tangibles para la industria acuícola.

Existe la necesidad de un enfoque equilibrado que no solo promueva las especies exóticas, que a menudo reciben más atención debido a su éxito previo en otros mercados, sino que también proteja y promueva las especies nativas, que son esenciales para la biodiversidad y el equilibrio ecológico. De igual manera, es fundamental que parte del desarrollo de la ciencia que deriva en tecnologías, sea dirigido a especies con alto valor nutricional y accesibles para una población de escasos recursos con el objetivo de incidir en la seguridad alimentaria, no solo en el beneficio económico de especies con alto valor agregado.

## ¿QUÉ SE SABE DE LOS ESTUDIOS EN MOLUSCOS?

Los moluscos, como las ostras, almejas y mejillones, ofrecen una variedad de beneficios, no solo nutricionales sino también económicos y ambientales. Son fuente de proteínas de alto valor biológico, aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas. Además, algunos moluscos como las ostras y mejillones contribuyen a la limpieza de los ecosistemas acuáticos al filtrar contaminantes del agua.



Figura 1. Generada con la IA LuzIA.

A pesar de los avances, la investigación en moluscos nativos en México sigue enfrentando desafíos, como la falta de tecnologías de cultivo eficientes para muchas especies. Aunque hay un interés significativo en la investigación y desarrollo tecnológico, esto no siempre se traduce en tecnologías aplicables o mejoras en la producción acuícola. Por ejemplo, especies como el abulón y el pulpo muestran un aumento en el interés investigativo y potencial económico. No obstante, otras especies aún



Figura 2. Generada con la IA LuzIA.

carecen de la investigación necesaria para su desarrollo comercial. Por otro lado, la introducción de especies exóticas como la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*) ha sido beneficiosa en términos de adaptación y producción. Sin embargo, también es crucial evaluar los impactos ecológicos de estas introducciones para evitar efectos negativos en los ecosistemas locales.

Las instituciones como el Centro de Investigaciones Biológicas (CIBNOR) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) son líderes en la producción científica sobre acuicultura de moluscos en México. La mayoría de los estudios se centran en la biología, ecología, nutrición y técnicas de cultivo. Sin embargo, aún es necesario un mayor enfoque en la transferencia de conocimientos científicos a aplicaciones prácticas que mejoren la producción acuícola. Uno de los principales desafíos es la falta de tecnología adecuada y capacitación técnica, lo que limita el desarrollo de una cultura acuícola más robusta. Además, se requiere un mayor diálogo y colaboración entre las instituciones académicas y el sector productivo para traducir la investigación en prácticas sostenibles y rentables.

## ¿QUÉ SE SABE DE LOS ESTUDIOS CON PECES?

La acuicultura de peces en México ha mostrado un crecimiento significativo en las últimas décadas, impulsado por la investigación en especies nativas y exóticas. La producción científica en México se ha centrado en diversas especies, con un interés particular en la tilapia, *Oreochromis niloticus*, aunque también hay un enfoque considerable hacia las especies



Figura 3. Generada con la IA LuzIA.

nativas. Instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el IPN, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y el CIBNOR lideran la producción científica, con temas dominantes que incluyen la acuicultura, la ecología, la bioquímica, la inmunología y la parasitología.

Uno de los desafíos más notables es la concentración de esfuerzos en especies exóticas, lo que puede desviar la atención de las espe-



Figura 4. Generada con la IA LuzIA.



Figura 5. Generada con la IA Luzia.

cies nativas que también requieren investigación y desarrollo para su cultivo sostenible. La investigación aplicada, basada en estudios de fisiología, nutrición y reproducción, ha llevado en algunos casos a tecnologías exitosas de cultivo de especies de peces nativas.

### ¿Y LA INCIDENCIA SOCIAL?

La tendencia a enfocar la investigación en especies de alto valor agregado y en menor medida en especies menos comerciales, pero nutricionalmente valiosas para subsanar necesidades alimenticias de poblaciones de escasos recursos, refleja varios puntos clave sobre las prioridades y desafíos de la investigación acuícola en México. La mayor atención hacia especies de alto valor agregado puede estar influenciada por las fuentes de financiamiento y los intereses comerciales. Estas especies suelen atraer más inversión porque prometen retornos económicos más inmediatos y lucrativos, lo que es atractivo tanto para investigadores como para patrocinadores. Existe una clara discrepancia entre la investigación

dirigida a maximizar el impacto económico y aquella orientada a abordar problemas sociales como la seguridad alimentaria. Las especies de alto valor agregado generalmente apuntan a mercados exportadores o a sectores de consumo de mayor poder adquisitivo, mientras que las especies menos comerciales podrían desempeñar un papel crucial en la nutrición local y la soberanía alimentaria.

La investigación en especies de alto valor suele estar más avanzada en términos de desarrollo tecnológico y biotecnológico. Esto puede conducir a una optimización de los procesos de cultivo que, aunque beneficia la producción acuícola en términos de eficiencia y rentabilidad, no necesariamente se traduce en mejoras en la accesibilidad alimentaria para las poblaciones vulnerables. Por lo anterior existe una necesidad crítica de reorientar parte de la investigación acuícola hacia especies que puedan contribuir directamente a la seguridad alimentaria local. Esto implicaría una evaluación de las necesidades nutricionales y económicas de las comunidades menos favorecidas y cómo



Figura 6. Generada con la IA Luzia.

la acuicultura puede adaptarse para satisfacer estas necesidades de manera sostenible.

## CONCLUSIÓN

Es indispensable ampliar el enfoque de la investigación acuícola para incluir especies con potencial para mejorar la seguridad alimentaria, esto podría requerir cambios en las políticas de financiamiento y en los criterios de evaluación de los proyectos de investigación. Para esto se requieren incentivos específicos para estudiar especies que pueden tener un impacto directo en la nutrición de las comunidades de bajos recursos. En ese tenor, investigar y desarrollar tecnologías para el cultivo de especies nativas menos comerciales también tiene implicaciones para la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos acuáticos, lo que puede proporcionar beneficios ambientales y sociales a largo plazo.

## LITERATURA RELEVANTE

- Chong-Carrillo, O., Aréchiga-Palomera, M. A., PeñaAlmaraz, O. A., Nieves-Rodríguez, K. N., Palma-Cancino, D. J., KellyGutiérrez, L. D., Badillo-Zapata D., Vargas-Ceballos, M. A. & VegaVillasante, F. (2024). Scientific research on exotic and native mollusk farming in Mexico according to SCOPUS. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i5.2918>
- Nieves-Rodríguez, K. N., Chong-Carrillo, O., Aréchiga-Palomera, M. A., Peña-Almaraz, O. A., Palma-Cancino, D. J., Vargas-Ceballos, M. A., Kelly-Gutiérrez, L. D., Badillo-Zapata, D., & Vega-Villasante, F. (2024). Scientific research on exotic and native fish farming in Mexico: a scientometric view. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i5.2907>

# Ética y violencia de género en un contexto universitario

José Carlos Cervantes Ríos<sup>1\*</sup>, Myriam Jazmín González González<sup>2</sup> y Dolores Marisa Martínez Moscoso<sup>3</sup>

**RESUMEN:** El presente artículo plantea algunas reflexiones éticas respecto a la violencia de género en el contexto universitario a partir de la actividad tutorial docente con estudiantes de pregrado en un campus de la Universidad de Guadalajara a lo largo de 16 años de servicio por parte de quienes escribimos estas líneas. Se plantean de manera general algunos casos que sirven de referencia para meditar sobre una serie de conflictos de consecuencias negativas para la vida de las personas involucradas que posibiliten el perfeccionamiento de

mecanismos institucionales para una adecuada atención de los casos.

*Palabras clave:* derechos humanos, mujeres, estudiantes, conflictos, institucionalidad.

## INTRODUCCIÓN

Como suele ocurrir en investigación, primero debemos aclarar los conceptos que dan nombre a nuestro trabajo para entender las afirmaciones vertidas. En esta ocasión, el análisis gira alrededor de la ética y la violencia de género.

<sup>1</sup> Departamento de Artes, Educación y Humanidades, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 203, delegación Ixtapa, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México. jose.crios@academicos.udg.mx

<sup>2</sup> Programa de Doctorado en Ciencias para el Desarrollo, la Sustentabilidad y el Turismo, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 203, delegación Ixtapa, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México. mg-gjazmin@gmail.com

<sup>3</sup> Centro de Estudios de Género, Universidad de Guadalajara. Los Belenes, Av. José Parres Arias 150, San José del Bajío, 45132, Zapopan, Jalisco, México. dolores.martinez@academicos.udg.mx

\* Autor de correspondencia.

Recibido: 28/05/2024

Aceptado: 15/06/2024

Publicado: 03/07/2024

En el caso de la primera, será entendida como la reflexión sobre nuestros actos morales, lo que implica saber qué es correcto o incorrecto. Estas acciones razonadas las llevamos a cabo todo el tiempo, son inevitables. Sin embargo, cada persona tiene una idea y valoración propia de lo que esto significa. Tal vez por eso, sea el motivo principal de todo conflicto humano: creer que las/os demás piensan o deberían pensar como nosotras/os.

Respecto del término violencia de género, no hay un consenso entre especialistas al respecto. Sin embargo, para fines de este ensayo, la consideramos como aquella acción u omisión consciente que se ejerce contra mujeres causándoles daño y sufrimiento. Dicha definición coincide con la planteada por diversas/os autoras/es que abordan el tema y también se reflejan en la normativa jurídica mexicana, por ejemplo, en la Ley General de Acceso de las Mujeres a una vida libre de Violencia.

El contexto donde pondremos atención a este binomio ética-violencia de género es en nuestra universidad, más específicamente, en el Centro Universitario de la Costa donde hemos elaborado por varios años. Cabe aclarar que no desarrollaremos propiamente uno o varios casos de forma detallada, sino situaciones referidas por estudiantes que nos sirvan de insumo para realizar algunas reflexiones sobre esta problemática. El origen de estas ideas son producto de conversaciones con algunas jóvenes tanto en clases, tutorías y espacios dentro de la institución donde nos han externado sus preocupaciones sobre este tema.

El presente ensayo está organizado en varios apartados. Primeramente, abordaremos los antecedentes en universidades de México; luego, describiremos algunas situaciones como

ejemplos concretos de esta parte de la realidad que queremos abordar y cómo las hemos enfrentado; para finalmente, concluir con algunas ideas que sirvan como punto de referencia para futuras reflexiones y/o acciones tendientes a resolver esta problemática.

## ANTECEDENTES EN UNIVERSIDADES MEXICANAS

Desde 2018, mujeres estudiantes de la UNAM comenzaron a organizar los «tendederos del acoso» con la finalidad de hacer del conocimiento público estas acciones con el nombre de los hombres que cometían estos agravios –principalmente profesores, administrativos y compañeros–, posteriormente se incorporaron otras universidades públicas y privadas del país a estos reclamos, incluida la Universidad de Guadalajara en diferentes campus y rectoría general. Ante estas demandas legítimas, se han establecido cursos, protocolos, proporcionando información, cursos y códigos de ética para docentes.

En México, la violencia contra mujeres mayores de 15 años se mide desde 2003 mediante la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares que realiza el INEGI periódicamente. En su versión más reciente de 2021, informa que, en el ámbito escolar, quienes la ejercen con mayor frecuencia son otros estudiantes, seguido de maestros y personas desconocidas. Este dato refleja la importancia del tema y amerita ser analizado por la comunidad académica, la sociedad en general y fijar una postura al respecto.

Por limitaciones de espacio, enfocaremos nuestra atención en descripciones someras que reflejan las tendencias antes menciona-

das por el INEGI sobre algunas situaciones que nos han comentado estudiantes agredidas por su pareja sentimental, un desconocido y un docente. También compartimos cómo las hemos enfrentado, esperando que sirvan como referente para otras estudiantes en contextos similares, a colegas y a la comunidad universitaria en general.

## DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS EJEMPLOS

El primer caso, es de una alumna que estaba atravesando una situación de violencia emocional en su noviazgo heterosexual. Ella recibía amenazas de violencia digital, por parte de su novio. Luego de haber atravesado por diversas dificultades, había tomado la decisión de terminar la relación, por lo que se lo comunicó a él, pero este no lo tomó a bien ni lo aceptó.

Posteriormente, el joven comenzó a amenazarla con que si terminaba la relación, entonces él compartiría fotos y videos íntimos, que en su momento de confianza y privacidad ella había intercambiado con él. La amenaza consistía en que si ella lo dejaba, él distribuiría dicho material digital en las redes sociales y grupos de WhatsApp con la finalidad de ponerla en evidencia y avergonzarla. Ante dicha posición, la alumna expresó sentir tristeza y temor de ser expuesta por el novio; pero, a su vez, se sentía culpable por haber compartido estas imágenes y videgrabaciones.

Ella se acercó en ese momento, con la necesidad de compartir lo que estaba viviendo, porque buscaba recibir asesoría y apoyo, pues no sabía cómo actuar ante tal situación, ya que se sentía obligada a continuar en la relación, para poder evitar se cumplieran las amenazas

y lo que con ello se desataría. Se le recomendó acudir al Centro de Justicia para Mujeres, pues ya se contemplaban los delitos cibernéticos y los contemplados como violencia de género.

El segundo caso es el de una alumna que en un fin de semana asistió a un paseo con amigas y amigos a la playa, a donde acostumbraban ir a pasar la tarde, compartiendo bebidas, alimentos y presenciando el atardecer. En esa ocasión, unos jóvenes llegaron al mismo lugar, se acercaron hacia el grupo donde estaba ella, para conocerse y convivir. Uno de ellos, se sentó a un lado de ella buscando generar una conversación entre ambos, reservada del resto de las personas. Al percibir un interés mutuo, el joven le ofreció una bebida. Ella la aceptó, continuaron charlando y riendo. Minutos más tarde, él le pidió que se separaran de sus respectivas amistades e hicieran una caminata hacia el lado opuesto del mar, en dirección a la parte selvática, a lo que ella estuvo de acuerdo.

Refirió que a partir de ese momento, su memoria se tornaba confusa y con algunas lagunas mentales, rememora haber estado tumbada en el suelo, siendo tocada por este hombre. Entre los pocos recuerdos que ella tenía posterior a esto, contó que en algún momento sus amigos estaban buscándola y llegaron al lugar en donde ella estaba, sola ya para ese momento, y sin entender bien lo que había ocurrido, le dijeron que se uniera al grupo, pues ya se iban a retirar del lugar.

Ella creía que este joven había puesto alguna sustancia en la bebida que le ofreció. La cual la hizo que cayera en un estado somnoliento, con la finalidad de poder el aprovecharse de la situación. No tenía muy claro todo lo que había pasado por las razones antes expresadas, pero borrosamente sabía que hubo un encuentro

íntimo forzado, y que, por lo tanto, hubo un abuso sexual, pues ella no se encontraba consciente en ese momento.

Al compartir esta experiencia, ella buscó asesoría, pues tenía en mente la posibilidad de denunciar ante la ley lo que había pasado, pero la situación se tornaba evidentemente compleja, pues no podía dar un nombre o información para identificar a su agresor. Así mismo, se sentía bastante mal, sabía que había vivido un abuso sexual; estaba muy confundida y a su vez, sentía culpa, pues se encontraba a sí misma responsable de lo ocurrido, argumentando que ella aceptó alejarse de su grupo de amigos con este joven. Se le recomendó acudir a la Cruz Roja para un peritaje médico y la posibilidad de denunciar ante el Ministerio Público.

En ambos casos, las alumnas se acercaron, como algunas otras, a buscar un poco de consuelo y a intentar entender la situación por la que estaban o habían pasado; además claro, de la asesoría para tener herramientas y opciones sobre qué hacer ante estos lamentables hechos.

El tercer caso, involucró a un docente que contenía un componente de tipo sexual. Un maestro de una alumna intentó besarla en los labios a la fuerza. El contexto se da en unas prácticas profesionales que ocurren fuera del campus, en otra institución, pero vinculado con acciones obligatorias de la universidad. Ella se niega a aceptar esta acción y lo rechaza. Posteriormente no sabía qué hacer y acude a la orientación en tutoría para plantear el problema. A su temor por lo sucedido, se agrega la preocupación de que el docente tome represalias a través de sus calificaciones y obtenga una nota más baja.

Lo que se hizo en este caso fue hablar con la persona que estaba a cargo de la jefatura de

departamento donde estaba adscrito el docente, se le informó de lo ocurrido y se le llamó la atención para detener estas conductas. No se recibieron más acciones de este tipo con ella, ni de alguna otra estudiante. La segunda acción fue sugerirle que presentara un recurso de revisión de calificación si sentía afectada su nota del curso semestral como parte de sus derechos estudiantiles.

## CONCLUSIONES

Como docentes, frente a estas experiencias, entendemos la acción de que ellas se acerquen vulnerables con sus profesoras y profesores, es un acto de confianza con la intención de compartir situaciones personales y a pedir ayuda, en primera instancia, es porque ven en nosotras/os profesionales con conocimiento y capacidades para poder orientarlas. Es sumamente común, que en estos casos, las alumnas no se acercan como primera opción a sus madres y padres, para buscar este auxilio.

Siendo así que, para quienes formamos parte de la comunidad universitaria y para la universidad misma, recae una responsabilidad de ofrecer las herramientas oportunas para tratar los temas de acoso y violencia que experimentan las alumnas, no solo en sus relaciones de pareja, sino también lo que puedan experimentar dentro de las instalaciones universitarias y en cualquier otro espacio en donde ellas se desenvuelven. Por lo que resulta necesario ser sensibles ante esto, contar con conocimiento y perspectiva de género, desarrollar materias y programas para prevenir, tratar y erradicar este fenómeno complejo.

Lamentablemente no podemos regresar el tiempo una vez que ocurre un acto de violen-

cia, pero si los consideramos como procesos, entonces es posible actuar para prevenirlos. En ese sentido, queremos terminar este ensayo con algunas ideas para jóvenes universitarias que hayan o estén pasando por algo similar.

En el caso de la chica abusada sexualmente por un desconocido, las amistades de ella podrían estar al pendiente de las bebidas que consumía su compañera para evitar que él pusiera una sustancia que afectó su conciencia. Otra acción posible sería no dejarla sola porque fue una circunstancia que favoreció el delito. Algo más que pueden hacer es tomarse fotografías con las personas con quienes conviven porque pueden convertirse en un dato de identificación al momento de presentar una denuncia ante las autoridades en caso de necesitar evidencias.

Respecto del caso, cuyo novio la presionó para no terminar la relación, ya existe la Ley Olimpia, que sanciona justamente este tipo de actos donde una pareja o expareja usa las redes sociales del internet para buscar una humillación en contra de la intimidad y dignidad de ellas. Para ello, es necesario tomar capturas de pantalla como evidencia que facilite una denuncia y puedan defenderse contra este tipo de abuso.

En el caso de la joven cuyo profesor intentó besarla a la fuerza o que quisieran presionarla para intentar someterla mediante la calificación, la normativa universitaria les concede el derecho de revisión de su puntuación final y eso lo hacen otras/os colegas donde se excluye al docente involucrado. Para ello deberán presentar un escrito de su inconformidad ante el jefe de departamento. Además, puede acudir a área de Primer Contacto para Atención a casos de Violencia que depende de Secretaría

Académica en la que pueden ingresar una queja formal.

Finalmente, coincidimos con Marta Lamas –académica y feminista desde hace más de 50 años– que ante las opciones de manifestarse en favor de todas las mujeres o elegir un proceso de institucionalización, optamos por lo segundo, pues esta elección, aunque parece más lenta, también es cierto que sirve para todas las estudiantes que están presentes en las aulas hoy en día, pero también para las que vendrán. Es responsabilidad de todas las personas trabajar por el derecho de las mujeres para vivir sin violencia. En un conjunto más preciso, quienes laboramos en una universidad debemos preocuparnos y ocuparnos de y con la comunidad a la que pertenecemos.

## LITERATURA RELEVANTE

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2007).

*Ley General de Acceso de las Mujeres a una vida libre de Violencia*. Consultado el 27 de enero de 2024. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAMVVLV.pdf>

*Expansión Política* (2020). Estudiantes de más de 20 universidades de México acusan a sus acosadores. Noticia del 23 de marzo. Consultado el 7 de mayo de 2024. <https://politica.expansion.mx/sociedad/2020/03/13/estudiantes-de-universidades-de-mexico-denuncian-a-acosadores>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021). Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares. Principales resultados. Consultado el 20 de mayo de 2024. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/endireh/2021/>

- doc/endireh2021\_presentacion\_ejecutiva.pdf
- Lamas, M. (2006). *Feminismo. Transmisiones y retransmisiones*. Taurus.
- Martínez, D. M. (2024). *#UniversidadEscucha. Discurso sobre violencia de género contra las mujeres de México a través de Twitter*. Tesis doctoral. Universidad de Guadalajara.
- Rodríguez, M. C. (2005). Sobre ética y moral. *Revista Digital Universitaria*, 6(3). Consultado el 16 de mayo de 2024. [https://www.revista.unam.mx/vol.6/num3/art19/mar\\_art19.pdf](https://www.revista.unam.mx/vol.6/num3/art19/mar_art19.pdf)
- Sanmartín, J. (2004). *El laberinto de la violencia. Causas, tipos y efectos*. Ariel.

## Este era un gato...

Luis Daniel Plata Kelly<sup>1</sup> y María del Carmen Cortés Lara<sup>2</sup>

**RESUMEN:** Un gato, un depredador eficiente, ¿Qué características hacen a los gatos exitosos en diversos entornos? Los gatos son invasores perjudiciales en islas debido a su alta fecundidad y adaptabilidad. A pesar de su convivencia con humanos, los gatos mantienen comportamientos únicos, como maullar solo para comunicarse con personas. Su popularidad en la red supera la de los perros, posiblemente debido a sus numerosas expresiones faciales y menor necesidad de atención. En la antigüedad egipcia, los gatos eran sagrados, pero en la Edad Media los gatos negros fueron vistos con superstición, esto tiene como consecuencia que aún hoy sean los menos adoptados. Tienen la habilidad de caer siempre sobre sus patas, una hazaña explicada por principios físicos. En

conclusión, el gato es un animal cuya domesticación relativamente reciente debe de hacer que tengamos presente que puede ser nocivo para el entorno en el que está si no se llevan a cabo las medidas adecuadas, como evitando que salgan de casa.

*Palabras clave:* depredador, adaptabilidad, invasores, expresiones, *Felis catus*.



Figura 1. Generada con la IA chatGPT.

Recibido: 15/06/2024

Aceptado: 07/07/2024

Publicado: 08/07/2024

<sup>1</sup>Licenciatura en Biología, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 203, delegación Ixtapa, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Ecología Marina, Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa.



Mi primer encuentro con un gato (*Felis catus*) no fue uno que me provocó ternura o afecto. La primera vez que presté suma atención a un gato fue cuando en la cabaña de mi tío, entre la hierba del patio, un gato negro algo húmedo por su baño previo, dio un salto de medio metro para atrapar a un ave. Horas después de devorarlo, habría de ir a la casa de su dueño para ser alimentado con croquetas. Consideré entonces que me encontraba ante un depredador perfecto.

Los gatos salvajes habitan desiertos, montañas nevadas, selvas tropicales y praderas. Es interesante observar cuánto se parecen las diferentes subespecies entre sí. ¿El posible motivo? Los gatos hacen tan bien su trabajo que no requieren de adaptaciones radicales para seguir siendo de las especies más competentes en sus nuevos entornos.

Los gatos están entre los más exitosos y perjudiciales invasores de islas. Son tan prósperos en las islas en donde se introducen porque tienen una alta fecundidad, se adaptan con facilidad a nuevos entornos, pueden sobrevivir sin acceso a agua dulce, y se alimentan básicamente de aquello que esté a su alcance. Además de esto, son célebres por matar por diversión, no únicamente cuando padecen hambre. Pensemos en Tibbles, un gato que llegó a la isla de



Figura 2. Generada con la IA chatGPT.



Figura 3. Generada con la IA chatGPT.

Stephens, en Nueva Zelanda, para acompañar a Lyall mientras este trabajaba en un faro.

Antes de la llegada de Tibbles, nunca había habido mamíferos depredadores en la isla. La evolución de las especies puede llevar miles de años, su destrucción sólo una fracción de ellos. En poco más de un año, Tibbles y sus crías, y la descendencia de estas (si no se encuentra un macho adulto sin parentesco, los hermanos acabarán apareándose entre sí, o las crías con su madre), y todos los que les siguieron se volvieron ferales e hicieron estragos entre los pájaros. Pronto desaparecieron los chochines y apenas se veían otras especies. El chochín de Lyall (*Traversia lyalli*) se extinguió casi al mismo tiempo en que se identificó como una nueva especie.

Los gatos no maúllan para comunicarse entre ellos mismos. Esto solo lo hacen cuando se dirigen a humanos. Los seres humanos pueden interpretar adecuadamente lo que intenta expresar el gato nueve de cada diez veces cuando está atento tanto al maullido como a la expresión que hace. Cuando se elimina el sonido que produce el felino, el porcentaje es menor. Los maullidos empleados por los gatos tienen propósitos específicos, siendo un ejemplo de esto el maullido prolongado, en el cual se señala al dueño que el gato tiene hambre y quiere ser alimentado.

A pesar de milenios de convivencia y coevolución con los perros, además de que estos son sumamente fieles y han servido a la humanidad como policías, rescatadores, pastores, etc., los gatos tienen una victoria aplastante cuando se trata del afecto que sienten por ellos los humanos ...al menos cuando se trata de las redes sociales. Esto podría deberse a que los gatos tienen 276 expresiones faciales, algunas de las cuales son para entablar comunicación entre ellos, otras para hacerlo con los humanos, y algunas no buscan un receptor (como el bostezo, o la cara de juego, en la que hacen las orejas y bigote hacia delante y la boca hacia atrás).

¿Por qué personajes tan dispares como Borges (recuérdese a Odín o a Beppo) y Bukowski han adorado a los gatos a través del tiempo? ¿Por qué el gato es una mascota mucho más adecuada que un perro para el escritor? Mucho de esto se debe a que son de un mantenimiento mucho menor comparado con el del perro, además de que no son estruendosos. Un perro padece bastante sufrimiento tras días sin afecto por parte de sus dueños, mientras que los gatos no lo requieren. En la lengua del gato hay pequeños picos que sirven para que el gato pueda limpiarse (al restregar la lengua sobre su pelaje se está deshaciendo de células muertas, exceso de pelo e incluso en ocasiones de pulgas). Otra característica que los hace menos demandantes a la hora de cuidarlos es que orinan y defecan en una caja de arena, tras lo cual cubren con sus patas las heces. Una última ventaja es que las casas con perros huelen a perro, mientras que las casas con gatos no presentan la desventaja de ser hediondos. El matemático Lewis Carroll, como clásico matemático, abstraigo la sonrisa como

signo inequívoco del misterio y la inescrutabilidad del felino.

Los gatos ocupaban un rol sagrado en la mitología y cultura egipcia. Eran altamente reverenciados por la asociación que tenían con el dios del sol Ra o las diosas Bastet y Neteret. Aquella persona que se descubriese en el asesinato de un gato (sea por accidente o con plena conciencia), era matado. Los gatos eran alimentados con leche en lugar de agua (porque era lo mejor que podían proveer) y comían en sus mesas como constatación de aprecio y respeto.

Quizá los menos afortunados entre los gatos han sido aquellos que son negros, lienzos (no

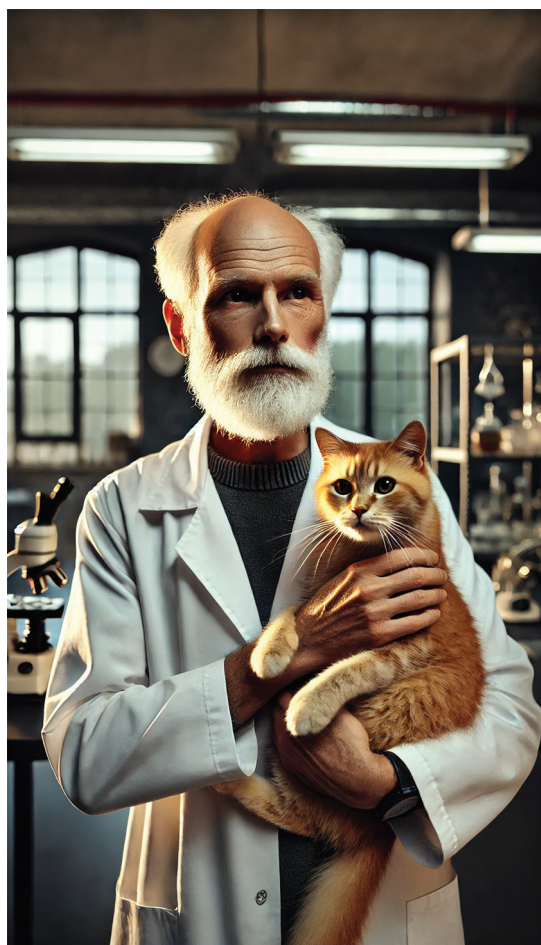


Figura 4. Generada con la IA chatGPT.

blancos) en los que las personas han puesto al descubierto supersticiones. En la Edad Media era considerado el gato negro como canalizador de Satanás y compañero de las brujas. Incluso ahora, los gatos negros tienen la menor probabilidad de ser elegidos, los que dominan son los naranjas atigrados, y tardan un mes más que cualquier gato de otro color en ser adoptados, en promedio. Algo que influye en esta predisposición contra ellos es la dificultad de leer sus expresiones faciales en sus caras oscuras.

Un rasgo notable para todo aquel que ha observado a un gato es que cuando cae siempre lo hace en sus patas. El cambio de orientación que hace lo consigue sin ningún cambio en su momento angular total, porque gira por partes. De acuerdo con Ian Stewart, en su libro *Baúl de Tesoros Matemáticos*, el procedimiento sería el siguiente:

- Encoge las patas delanteras y extiende las traseras
- Gira la mitad trasera en un sentido y la delantera en el opuesto
- Extiende las patas delanteras y encoge las traseras
- Gira la mitad delantera hacia la mitad trasera, y la trasera hacia la delantera simultáneamente

Además, mientras hace esto normalmente mueve la cola como reserva auxiliar de momento angular.

En conclusión, el gato es un animal cuya domesticación relativamente reciente debe de hacer que tengamos presente que puede ser nocivo para el entorno en el que está si no se llevan a cabo las medidas adecuadas (como no dejarlo salir de casa, cosa que también evitará que le ocurran menoscabos). Sin embargo, las generaciones venideras no se habrán de resignar en volver a tener desprecio por semejante animal como sucedió en la Edad Media.

...¿Quieres que te lo cuente otra vez?

## LITERATURA CITADA

- Bradshaw, J. (2013). *Cat sense: The feline enigma revealed*. Penguin UK.
- Dawson, L. C., Cheal, J., Niel, L., y Mason, G. (2019). Humans can identify cats' affective states from subtle facial expressions. *Animal Welfare*, 28(4), 519-531.
- Plata, L. (2020). La negra suerte de los gatos negros. *¿Cómo ves?* 22(264), 32-33.
- Stewart, I. (2010). *Professor Stewart's hoard of mathematical treasures*. Basic Books.

# La convivencia de la magia y la ciencia, del sobador y del rehabilitador

Michellet Acosta Altunaga<sup>1</sup> y Flor Micaela Ramírez Leyva<sup>2</sup>

**RESUMEN:** En la encrucijada de la modernidad y la tradición, se encuentra un fenómeno fascinante que refleja la rica diversidad de las creencias y prácticas humanas: la coexistencia de la magia y la ciencia. Este artículo explora cómo, en el país azteca, los avances médicos y las prácticas científicas conviven y, en ocasiones, se entrelazan con antiguas tradiciones curativas y rituales mágicos.

El ejemplo más emblemático y tomado en cuenta en México de esta dualidad es la relación entre el rehabilitador, representante de la ciencia médica y profesional en el sistema osteomioarticular del ser humano, y el sobador, guardián de prácticas ancestrales de curación mediante el masaje y la manipulación corporal. Ambos especialistas, aunque aparentemente opuestos, comparten un objetivo común: aliviar el dolor y restaurar la salud.

Mediante la historia, los conceptos y las prácticas, se enriquecerá la percepción de la coexistencia de estos dos mundos en la cultura mexicana y cómo se normaliza un modelo que integra diferentes formas de conocimiento en el ámbito de la salud y el bienestar.

*Palabras clave:* medicina tradicional, huesero, fisioterapia, México, mito.



Sin contar el paso de los años, la medicina tradicional mexicana ha trascendido de generación en generación, siendo así que en el pasado los pobladores mesoamericanos originarios se apoyaban en una cosmovisión mágica-religiosa de observación y experimentación. De las experiencias vividas por estos ancestros, resalta el entendimiento del curso natural del envejecimiento y las enfermedades, además de

Recibido: 16/06/2024

Aceptado: 15/07/2024

Publicado: 06/08/2024

<sup>1</sup> Programa de Posgrado Maestría en Ciencias en Desarrollo, Sustentabilidad y Turismo. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. México.

<sup>2</sup> Departamento de Psicología. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. México.

peligros usuales, también ya comprendían la precariedad del cuerpo humano paralelamente relacionado con el crecimiento del mismo. A su vez, relacionaban hechos de coincidencias afortunadas y adversas al misticismo. Los antepasados determinaron el padecer de una enfermedad en cuatro esferas: deterioro de las leyes naturales, signos del calendario, los dioses y humanidad, por lo tanto, el origen de las enfermedades podía ser por causas orgánicas o debido a potencias «sobrenaturales».

¿Son la magia o la fuerza de la fe, los factores principales de la existencia de sanaciones rituales naturales? La misma definición de magia hace insinuación a acciones y posibilidades inesperadas y recónditas, se señala la curiosidad por lo oculto y las «verdades esotéricas», donde en la actualidad el concepto de magia, está regido por cultos antiguos y basados en ideologías nombradas como: teosofía, espiritismo o espiritualismo.

En México existen muchos sanadores tradicionales, que combinan magia, rituales y naturaleza, conocidos como curandero, huesero o sobador, partera o comadrona, hierbero, chupador y rezandero. Todos ellos tienen en común un conocimiento experimental de afecciones y tratamientos sanadores y es que además estos «médicos tradicionales» atienden al cuerpo y al alma.

El concepto de huesero es un cúmulo de varias definiciones originadas de lenguas indígenas, por ejemplo, en Maya; *Ah k'ax bak* (atiende huesos desencajados), en Náhuatl; *tekualchijchiuanij*, *tetiltinaketl* o en Tzotzil y tzeltal; *ts'ak bak*. Todos ellos tienen la misión de atender fracturas (rotura o fisura ósea), luxaciones (dislocaciones) y otros trastornos del sistema musculoesquelético (ejem-

plo: dolores musculares, golpes, hinchazones, calambres o hernias) generalmente, aunque dependiendo de la región existen diferencias de tratamiento. Como los hueseros chontales pertenecientes al estado de Tabasco y los yaquis originarios de Sonora, los cuales atienden heridas y traumatismos en general; los hueseros purépechas tratan el hundimiento de la mollera (fontanela); en Hidalgo, los hueseros nahuas son conocidos por «componer el cuerpo de la embarazada»; últimamente, algunos hueseros del pueblo indígena mazahua tratan el reumatismo, el sobresalto y la infertilidad.

Comúnmente, el conocimiento adquirido es de tipo empírico en estos sanadores, sin embargo, en diferentes localidades del país su habilidad y sensibilidad se contemplan innatas. El «don» les es concedido a través de los sueños por los dioses, y la instrucción técnica se ejecuta por transmisión verbal, inspección, experiencia y práctica. Es el caso específico de



Figura 1. Generada con la IA chatGPT.



Figura 2. Generada con la IA chatGPT.

los hueseros tzeltales y tzotziles de Chiapas, y de los chontales de Tabasco, los cuales se instruyen y dicen obtener parte de sus conocimientos por medio de sueños premonitorios.

Los procedimientos más conocidos que utilizan estos médicos tradicionales dentro de la jerga mexicana son: las friegas (la técnica de fricción), aplicación de cataplasmas y vilmas (mezclas de sustancias espesas de origen vegetal y animal para inmovilizar o endurecer una zona). En algunas comunidades de Yucatán se conoce la sangría como práctica curativa para «sacar el mal» o como sería en la lengua Maya peninsular *tok'* y en la región de Huixquilucan, se aplican ventosas para la extracción de aires (contracturas).

Resulta fundamental reconocer el papel del huesero como fuente de curación para

una gran parte de la población. Debido a que muchas veces ha de ser la única opción para el malestar de salud o de cierta manera por compartir la perspectiva de vida y creencias del enfermo. Pero también existen factores extrínsecos que determinan la elección del huesero antes del especialista médico, entre ellos, el traslado a hospitales de municipios aledaños y el gasto que esto conlleva, puesto que en su comunidad de origen no se cuenta con el personal, equipo ni medicamentos necesarios, pérdida de horas laborables y por lo tanto pérdida del sueldo al asistir al Seguro Social o al Centro de Salud para recibir atención. Es por ello que la alternativa que les parece más accesible es recibir atención en su propia comunidad y, mediante esta, obtener una solución a su demanda. Mas allá de lo místico, la medicina tradicional se considera holística y enlaza al ser humano con otros seres, con la naturaleza y con el universo. Bajo la Dirección de Medicina Tradicional y Desarrollo Intercultural, México defiende el reconocimiento legal de la práctica de la medicina tradicional.

Por su parte, su par en el área de la ciencia es conocido como: fisioterapeuta o rehabilitador, que la Organización Mundial de Salud (OMS) en el año 1958 definió como: «El arte y la ciencia del tratamiento por medio del ejercicio terapéutico, calor, frío, luz, agua, masaje y electricidad», y es que el fisioterapeuta trata el dolor mediante técnicas como la kinesiología (movilizaciones pasivas y activas de las articulaciones), la electroterapia (uso de calor, corrientes analgésicas y estimuladoras y magnetismo), hidroterapia (uso del agua como medio para relajar y estimular) y más. Es un área especializada que cuenta con un examen físico para determinar el nivel y la afección

que el paciente padece e incluye pruebas eléctricas y manuales como complementarios para la valoración exacta de las capacidades funcionales del afectado. El trabajo del fisioterapeuta incluye un enriquecimiento multidisciplinar debido a la labor conjunta entre médicos ortopedicos, neurólogos, psicólogos, entre muchos más, para que de esta manera el tratamiento sea más integrador. Enfermedades óseas como artritis, artrosis, osteoporosis, como neurológicas: Enfermedad del Parkinson, ataxia, esclerosis múltiple, respiratorias como EPOC, tuberculosis, enfisema pulmonar y cardiovasculares como: Ictus e insuficiencia cardiaca, todas ellas atendidas en las manos de rehabilitadores de una manera comprobada científicamente.



Figura 3. Generada con la IA chatGPT.

La simbiosis entre el huesero y el fisioterapeuta se encuentra en la osteopatía, siendo esta un tipo de medicina alternativa con bases y fundamentos en ambos especialistas, pero aún sin evidencia científica. El osteópata enfatiza en la manipulación física del tejido muscular y óseo. Su fundador fue Andrew Taylor Still, cirujano en la Guerra Civil estadounidense. Still afirmaba que las manipulaciones osteopáticas y el potencial del cuerpo de autosanación podían desaparecer cualquier afección. La osteopatía tiene bases en el espiritismo, en el mesmerismo (fluido natural por el cual la vida se preserva y se origina) y en la vitapatía (disciplina mística que utiliza recursos como aire, luz y magnetismo). Los principios de la osteopatía no están muy lejos de los principios de la rehabilitación o de la práctica del huesero, donde el cuerpo es la unidad integradora de cuerpo, mente y espíritu, ese mismo cuerpo posee mecanismos de defensa, reparación y remodelación, con una interrelación recíproca de estructura y función.

Será el éxito (real o imaginario) el que engendra al mito, la magia se balancea de circunstancias estrictas: técnica bien recordada, realización perfecta del ritual, fuerte creencia a los tabúes y observación del sanador tradicional. El fracaso de la magia se condiciona si una de estas circunstancias falla, incluso la realización más perfecta podría no acontecer, ya que, frente a todo sanador, existe de igual manera un artisanador. Siendo la fuerte creencia y la fe grandes incentivos de lo positivo y lo negativo de la magia, siendo el mito una fuerza cultural.

Es esencial reconocer que la combinación de la medicina tradicional mexicana con la medicina científica es efectiva ante la atención



Figura 4. Generada con la IA chatGPT.

primaria en sistemas de salud saturados, o para aquellos pueblos rurales e indígenas ofrecer programas de salud con enfoque intercultural.

## CONCLUSIONES

La medicina tradicional mexicana y la ciencia médica moderna coexisten y se complementan en la búsqueda de la salud y el bienestar. Ambas disciplinas, aunque diferentes en sus enfoques y métodos, comparten el objetivo común de aliviar el dolor y curar enfermedades, con una visión holística, consideran al ser humano en su totalidad, incluyendo indicadores físicos y mentales, los cuales son clave para un tratamiento efectivo y sostenible.

Los sanadores, en muchas regiones del país siguen siendo una fuente crucial de atención sanitaria, ya sea por la accesibilidad, el conocimiento empírico y la conexión cultural que ofrecen, esto los convierte en una opción pre-

ferida para muchos, especialmente cuando los recursos médicos modernos no están disponibles. Resulta fundamental reconocer y legalizar la práctica de la medicina tradicional, ya que este reconocimiento no solo preserva el patrimonio cultural, sino que también promueve un enfoque de salud más inclusivo, integrando diferentes formas de conocimiento, a sabiendas que la fe y las creencias culturales juegan un papel crucial en la eficacia percibida de la medicina tradicional. La confianza en el sanador y la adherencia a los rituales y prácticas tradicionales son factores importantes que pueden influir en los resultados favorables de salud.

## LITERATURA RELEVANTE

- Cardoso Gómez, M. A., Pascual Ayala, R., Serrano Sánchez, C., y Huicochea Gómez, L. (2010). Medicina tradicional y la medicina basada en la evidencia. El caso de un huesero de dos comunidades afroestizas de Veracruz, México. *Anales de Antropología*, (42).
- Diccionario Enciclopédico de la Medicina Tradicional Mexicana.
- Lámbarri Rodríguez, A., Flores Palacios, F., y Berenzon Gorn, S. (2012). Curanderos, malestar y «daños»: una interpretación social. *Salud mental*, 35(2), 123-128. Recuperado en 04 de julio de 2024, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33252012000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252012000200005&lng=es&tlng=es)
- Malinowski, B. y Pérez-Ramos, A. (1985). *Magia, ciencia, religión*. Planeta-agostini.
- Quezada, N. (1990). *El curandero colonial, representante de una mezcla de culturas. Medicina novohispana, Siglo XVI*. UNAM.

# Repelentes botánicos y repelentes sintéticos: ¿Eficaces o no?

Juan Diego Galaviz Parada<sup>1,2</sup>, Manuel A. Vargas-Ceballos<sup>2</sup>  
y Héctor Nolasco-Soria<sup>3</sup>

**RESUMEN:** El artículo aborda la efectividad de repelentes comerciales y esencias botánicas contra el mosquito *Aedes aegypti*, conocido por ser el vector de enfermedades como el dengue, zika y chikungunya en regiones tropicales como Puerto Vallarta, Jalisco. Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Guadalajara evaluó la eficacia de diferentes repelentes en condiciones controladas de laboratorio utilizando el sistema «Arm in Cage». Se probaron siete repelentes comerciales y cuatro esencias botánicas (lavanda, menta, clavo y citronela), algunas combinadas con esencia de vainilla. Los resultados mostraron que el repelente comercial Fly-Out-extreme® fue el más efectivo, con un 75% de protección durante 5 horas. Entre las esencias botánicas, la mezcla de lavanda y clavo con vainilla fue la

más efectiva, proporcionando un 80% a 90% de protección durante 2.5 horas. El estudio sugiere que los repelentes naturales, especialmente las esencias botánicas combinadas con vainilla, pueden ser una alternativa viable a los repelentes comerciales, ofreciendo protección efectiva y menor toxicidad.

*Palabras clave:* *Aedes aegypti*, compuestos sintéticos, esencias botánicas, vector, lavanda.

## INTRODUCCIÓN

En las cálidas y húmedas regiones tropicales, como Puerto Vallarta, Jalisco, la amenaza de enfermedades transmitidas por mosquitos es una realidad cotidiana. El *Aedes aegypti*, conocido por ser el principal vector del dengue, zika y chikungunya, prolifera en estas áreas,

<sup>1</sup> Escuela Preparatoria Regional de Puerto Vallarta, Módulo Ixtapa, Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara.

<sup>3</sup> Laboratorio de Fisiología y Genómica Comparada. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste - CIBNOR. La Paz, Baja California Sur.

Recibido: 11/05/2024

Aceptado: 12/08/2024

Publicado: 14/08/2024



Figura 1. Generada con la IA chatGPT.

poniendo en riesgo la salud pública. Protegerse de sus picaduras es esencial, y los repelentes, tanto comerciales como naturales, juegan un papel crucial en esta defensa. Sin embargo, la efectividad de estos productos puede variar, y no todos ofrecen la misma protección. Este artículo explora un reciente estudio realizado en Puerto Vallarta, que evaluó la eficacia de varios repelentes comerciales y esencias botánicas contra las picaduras de este peligroso mosquito.

### ¿QUÉ ES EL *Aedes aegypti*?

El *Aedes aegypti* es un mosquito pequeño pero altamente peligroso. Originario de África, se ha expandido por todo el mundo, particularmente en áreas tropicales y subtropicales. Este mosquito es fácilmente reconocible por sus patas rayadas en blanco y negro y por su comportamiento diurno, lo que significa que pica principalmente durante el día.

Lo que hace al *Aedes aegypti* particularmente preocupante es su capacidad para transmitir enfermedades graves. Al picar a una persona infectada, el mosquito adquiere el virus y puede transmitirlo a su próxima víctima. Enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla, el zika y el chikungunya, todas potencialmente mortales, son transmitidas por este mosquito. Además, el *Aedes aegypti* se ha adaptado a vivir cerca de los humanos, utilizando recipientes con agua estancada, como macetas, neumáticos y cubetas, como criaderos, lo que facilita su proliferación en áreas urbanas.

### MÉTODOS DE PROTECCIÓN

La lucha contra el *Aedes aegypti* comienza por eliminar sus criaderos. Drenar el agua estancada y mantener limpios los alrededores de las viviendas son medidas fundamentales. Además, las barreras físicas, como las mallas en puertas y ventanas, ayudan a reducir la entrada de mosquitos en los hogares.

Sin embargo, cuando se trata de protección personal, los repelentes son la primera línea de defensa. Estos productos actúan creando una barrera química en la piel que ahuyenta a los mosquitos, reduciendo así las posibilidades de una picadura. En el mercado, existen dos tipos principales de repelentes: los sintéticos y los naturales. Los repelentes sintéticos, son conocidos por su alta efectividad, pero también han generado preocupaciones sobre posibles efectos secundarios con el uso prolongado. Por otro lado, los repelentes naturales, a base de esencias botánicas, son cada vez más populares debido a su perfil menos tóxico y a la creciente demanda de productos ecológicos.

## EL ESTUDIO

Para entender mejor la efectividad de estos repelentes, un grupo de investigadores de la Universidad de Guadalajara realizó un estudio en el Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental, en el Centro Universitario de la Costa, en Puerto Vallarta. El objetivo era evaluar la eficacia de varios repelentes comerciales y esencias botánicas contra las picaduras del *Aedes aegypti* en condiciones controladas de laboratorio.

El estudio utilizó 20 voluntarios, quienes participaron en pruebas con sistemas «Arm in Cage». Estos sistemas consisten en una caja donde se introducen los brazos de los voluntarios, previamente tratados con diferentes repelentes, para medir cuántas picaduras ocurren en un tiempo determinado. Se probaron siete repelentes comerciales y cuatro esencias botánicas, entre ellas lavanda, menta y clavo, diluidas en alcohol y, en algunos casos, combinadas con esencia de vainilla.

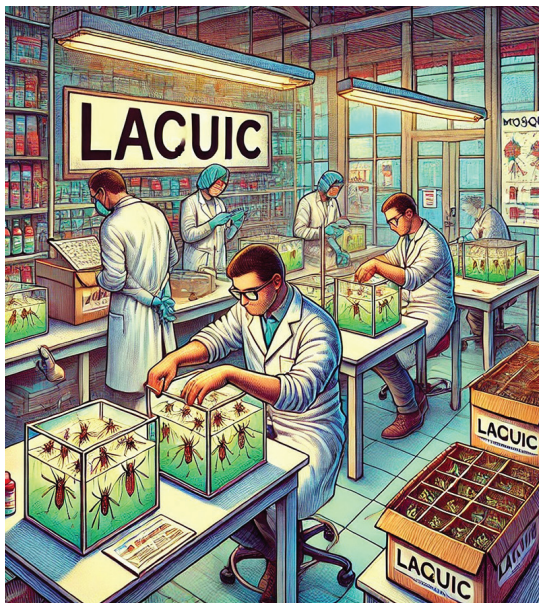


Figura 2. Generada con la IA chatGPT.

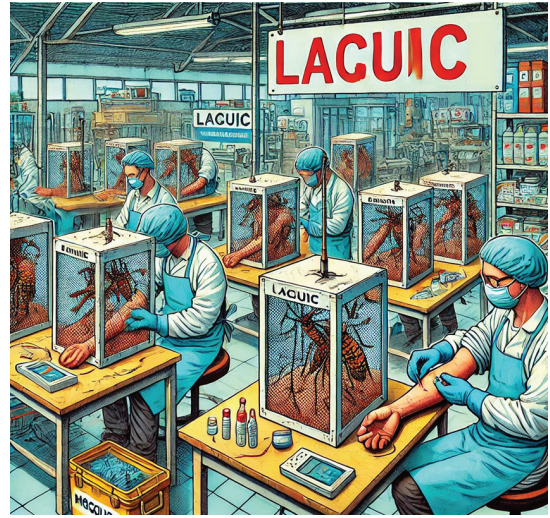


Figura 3. Generada con la IA chatGPT.

## FORMULACIÓN DE REPELENTE CON ESENCIAS NATURALES

Las esencias naturales utilizadas en el estudio fueron mezcladas con alcohol étílico al 70% para crear las soluciones repelentes. Además, algunas de estas esencias se combinaron con vainilla al 5% para mejorar su efectividad. A continuación, se detalla la fórmula general utilizada en el estudio, para que puedas elaborarlas en casa si así lo decides. Todas las esencias pueden ser adquiridas en una tienda especializada o en algunas farmacias.

Las esencias o aceites que se usaron fueron menta, lavanda, citronela y clavo. El alcohol que se utilizó fue el de uso humano, potable de caña, que puede ser adquirido en cualquier farmacia. La vainilla fue la esencia utilizada para repostería (debe ser natural, no artificial).

De cada esencia se utilizaron 20 mililitros (mL) (equivalente a 4 cucharadas soperas) + 70 mL de alcohol (equivalente a 14 cucharadas soperas) + 5 mL de esencia de vainilla (equivalente a 1 cucharada sobera). La mezcla se agitó bien y envasó en un frasco de cristal o plástico.



Figura 4. Generada con la IA chatGPT.

Este líquido se aplicó en los brazos de los participantes, antes de que lo ingresaran a la caja con los mosquitos.

## RESULTADOS CLAVE

Los resultados fueron reveladores. De los repelentes comerciales, el Fly-Out-extreme® fue el más efectivo, con un 75% de repelencia durante 5 horas. Sin embargo, el VITASKON Ecológico®, un repelente natural comercial, mostró una protección mucho menor, con solo un 14% de efectividad en la primera hora.

En cuanto a las esencias botánicas, se encontró que las mezclas de lavanda y clavo, combinadas con vainilla, proporcionaron entre un 80% y 90% de protección durante 2.5 horas. Este hallazgo sugiere que las esencias botánicas, especialmente cuando se combinan con vainilla, pueden ser una alternativa viable a los repelentes comerciales, ofreciendo una

buena protección a un costo reducido y con menor toxicidad.

## IMPLICACIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio sugiere que, aunque los repelentes sintéticos siguen siendo muy efectivos, los repelentes naturales a base de esencias botánicas pueden ofrecer una protección considerable y más accesible para el público en general. Además, el uso de ingredientes naturales reduce la exposición a productos químicos sintéticos, lo que puede ser beneficioso para personas con piel sensible o preocupaciones sobre la toxicidad a largo plazo.

Para quienes buscan una alternativa natural y económica, preparar un repelente casero con esencias de lavanda o clavo, combinadas con un poco de esencia de vainilla, podría ser una opción efectiva. Estos ingredientes se pueden encontrar en tiendas de productos naturales y son fáciles de mezclar con alcohol para crear un repelente eficaz.

## CONCLUSIÓN

En la batalla contra el *Aedes aegypti*, tanto los repelentes comerciales como los naturales tienen su lugar. Mientras que los productos sintéticos ofrecen una protección duradera y comprobada, las esencias botánicas se presentan como una alternativa atractiva, especialmente para aquellos que buscan opciones más naturales y accesibles.

Entre las esencias naturales evaluadas, la combinación de esencia de lavanda y clavo con vainilla resultó ser la más efectiva, proporcionando una protección del 80% al 90% durante

aproximadamente 2.5 horas. Sin embargo, todas las esencias naturales probadas de esta forma dieron resultados positivos de repelencia. Esto sugiere que estas mezclas botánicas no solo son una alternativa viable a los repelentes comerciales, sino también una opción práctica y económica para quienes buscan protegerse de manera natural y segura. Continuar con investigaciones en este campo permitirá desarrollar soluciones aún más efectivas y seguras para proteger a las comunidades de las enfermedades transmitidas por mosquitos.

## LITERATURA RELEVANTE

Galavíz-Parada, J. D., Valdéz-Gómez, A. H., Ruíz-González, L. E., Montoya-Martínez, C. E., Vargas-Ceballos, M. A., Nolasco-Soria, H., Chong Carrillo, O., y Vega-Villasante, F. (2021). Efectividad de repelentes comerciales y esencias botánicas contra la picadura de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) en Puerto Vallarta, Jalisco. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 17(1), 8-15.

# La semilla de ramón: el regalo ancestral Maya, para la acuicultura del sureste mexicano

Uriel Rodríguez Estrada<sup>1,2</sup>, Ignacio Bautista García<sup>2</sup>,  
David Julián Palma Cancino<sup>3,4</sup>, Carlos Alfonso Álvarez González<sup>2</sup>,  
Rafael Martínez García<sup>2</sup>, Otilio Méndez Marín<sup>2</sup>, Gloria Asencio Alcudia<sup>5</sup>,  
Graciela Pérez Jiménez<sup>2</sup>, César Antonio Sepúlveda Quiroz<sup>5</sup>  
y Jaime Bautista Ortega<sup>3</sup>

**RESUMEN:** Actualmente, la acuicultura en el sureste mexicano es un sector en expansión. A pesar de que esta región del país cuenta con innumerables recursos naturales disponibles que favorecen la actividad (agua, tierra, clima), la industria acuícola enfrenta una serie de retos a vencer. Uno de ellos es la alimentación, que hasta ahora se ha basado en dietas comerciales manufacturados con ingredientes de alto costo. La gran disponibilidad de recursos naturales en el sureste mexicano ofrece una gran variedad de productos con potencial alimenticio, no solamente para consumo humano, sino que también para consumo animal. A pesar de que, durante siglos el árbol de ramón (*Brosimum alicastrum* Sw) ha sido utilizado por las comunidades regionales y su uso está

muy bien documentado, actualmente se encuentra subutilizado. Esta especie contiene un alto valor nutritivo y un importante número de biomoléculas que confieren beneficios a la salud de quien la consume. Aun cuando existe un vasto conocimiento existente de la harina de ramón, en cuanto a nutrición y salud (en el hombre y animales terrestres), nada se sabe sobre sus efectos y beneficios que ésta puede traer al ser ingerida por organismos acuáticos.

*Palabras clave:* tilapia, harinas alternativas, *Brosimum alicastrum*, especies nativas de peces.

## EL RAMÓN

El ramón (*Brosimum alicastrum* Sw) también conocido como ojoche, nogal Maya o capomo

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - IxM.

<sup>2</sup> División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Campeche.

<sup>4</sup> Programa de postdoctorado del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - IxM.

<sup>5</sup> Tecnológico Nacional de México.

Recibido: 28/06/2024

Aceptado: 05/08/2024

Publicado: 14/08/2024



Figura 1. Árbol de ramón.

(como se le conoce en el noroeste de México), es un árbol de la familia de las Moraceae, división de las angiospermas. Es endémico de Mesoamérica. Su distribución abarca desde México hasta Perú. Este árbol, puede alcanzar una altura de 45 m y 1.5 m de diámetro. Posee una corteza acanalada y cilíndrica. Tiene además raíces externas como contrafuerte. El ramón, es un árbol perennifolio, con una copa piramidal densa, hojas simples, y flores unisexuales. Esta especie, florea de febrero a marzo. Su fruto es de 2 a 3 cm de diámetro de color anaranjado o rojo al madurar. Sus semillas miden de 9 a 13 mm de largo, por 16 a 20 mm de ancho. Estas son esféricas y aplanadas, cubiertas por una cáscara de color moreno claro. Su hábitat es en selvas perennifolias, caducifolias,

espinosas y matorral xerófilo. Por lo tanto, esta especie, puede vivir en medios muy diversos. Por ejemplo, se ha llegado a encontrar desde cañadas húmedas hasta zonas semiáridas.

En el sureste mexicano, en la península de Yucatán es común que estos árboles, se cultiven en el traspatio de las casas de las poblaciones mayas para ser utilizados como forraje o como modulador de microclima. El ramón se caracteriza por su alta productividad siendo que todas sus partes, se pueden usar integralmente, desde construcción, ornamentos, alimentación y hasta medicina tradicional. Por lo tanto, es una especie con alto valor económico y cuyo aprovechamiento posee un importante acervo cultural y de tradiciones.

## UN ALIMENTO ANCESTRAL DE LOS MAYAS

Los antiguos Mayas lo nombraron como Óox (el árbol ramón). Esta civilización ya conocía sus beneficios desde hace más de cinco siglos. Hoy es común, encontrarlo alrededor de zonas arqueológicas, relictos de cultivares antiguos y en patios de casas ubicadas en zonas Mayas. A este árbol, se le menciona desde el *Chilam Balam* y el *Popol Vuh*, dos textos clave de la cosmovisión maya. A través de mitos, historias y prácticas locales, los mayas fueron heredando el conocimiento sobre las propiedades de sus hojas, frutos y semillas; saberes tradicionales que en las últimas décadas han sido corroborados por la ciencia.

## UN PRODUCTO ALIMENTICIO

El ramón, es de uso integral, pues se ocupa todo, es por esto por lo que su género *Brosi-*

*mum* es una palabra griega que significa «comestible». Sus hojas sirven como forraje para el ganado y para preparar infusiones, del fruto, se alimenta una gran cantidad de fauna selvática (venados, pecaríes, monos, murciélagos) y de la semilla deshidratada y molida, se extrae una harina muy nutritiva, para consumo humano y animal, además de su uso forestal (leña, carbón, y servicios ambientales de regulación).

El principal producto alimenticio del árbol de ramón es la semilla (en forma de harina). Para la obtención de la harina de ramón, de forma tradicional, la semilla debe perder al menos el 80% de su peso en agua y posteriormente se muele en un molino con mallas para que la harina, tenga un tamaño de partícula homogéneo. Otra forma de obtener la harina de ramón es cocerla en agua a 98°C durante 1 hora. Para posteriormente secarla en un horno de convección con aire a 75°C hasta alcanzar un contenido de agua no superior a 10%. Por último, la semilla se pulveriza en un molino de martillo y ciclón por 2 min. Reduciendo el tamaño de su partícula a 500 micras. Cabe hacer mención que, en ciertas zonas rurales de población Maya, se tienen otras técnicas tradicionales para la opción de la harina.

A pesar de sus altos contenidos nutricionales y que desde tiempos ancestrales la semilla de ramón fue extensivamente consumida, actualmente, se considera subutilizada. Sin embargo, en los últimos años, la utilización de la semilla de ramón está atrayendo nuevamente la atención no solamente de la población local, sino que también de los gobiernos estatales en el sureste de México, todo esto, derivado de muchos factores. Uno de ellos es que, la semilla de ramón tiene el potencial de contribuir



Figura 2. Semilla de ramón.

a la seguridad alimentaria, en el futuro inmediato del Sureste Mexicano. Además de que el cultivo del ramón promueve una agricultura sustentable, debido a los bajos niveles de agua y combustible para su mantenimiento.

Se ha demostrado ampliamente que la harina de semilla de ramón contiene niveles aceptables de proteína, e importantes niveles de calcio, vitamina C, ácido fólico, zinc, hierro, vitamina B6, vitamina E, vitamina B2 y significantes niveles de triptófano.

## LA HARINA DE SEMILLA DE RAMÓN EN SALUD HUMANA

La semilla del árbol de ramón posee también importantes propiedades medicinales para el individuo que la consume. Todo esto, basado desde los conocimientos tradicionales ancestrales heredados por los Mayas, hasta la evidencia de estudios basados en evidencia científica de nuestros días. En las comunida-

des rurales donde se consume la semilla de ramón, se ha observado una disminución hasta en un 75%, en cuanto a visitas médicas, en comparación con comunidades donde no se consume este alimento. Estudios relacionados con la medicina tradicional han reportado que el consumo de la semilla de ramón, mejora problemas visuales, combate la artritis y osteoporosis, disminuye los efectos del asma y problemas bronquiales, controla la anemia, ayuda a disminuir los efectos de la presión alta y además de que sirve como relajante natural.

### POTENCIAL COMO INGREDIENTE DE DIETAS ACUÍCOLAS

La harina de semillas de ramón tiene un color café oscuro, una textura fina y aspecto seco. Posee también, alta capacidad de absorción de agua y aceite. La harina de ramón tiene un sinnúmero de propiedades físicas interesantes, muy similares a otras harinas de origen vegetal utilizadas en la formulación de dietas acuícolas, como la harina de trigo y maíz. La harina de ramón posee una solubilidad promedio de 67.56% a 80.20%, un índice de absorción del agua de 2.79% a 3.17% y una granulometría de 1.31 mf a 1.46 mf (Figura 3). Como lo men-



Figura 3. Harina de ramón.



Figura 4. Potencial ingrediente.

cionado anteriormente, es una fuente rica de nutrientes y otras moléculas, con amplios beneficios fisiológicos (nutrición y salud). Todo lo anterior, hace que esta harina, sea un potencial ingrediente candidato para su suplementación en dietas acuícolas.

### PERFIL NUTRICIONAL DE LA HARINA DE RAMÓN Y SU SIMILITUD CON LA HARINA DE TRIGO

Los alimentos actualmente utilizados en acuicultura están formulados con diferentes ingredientes, cada uno de los cuales, poseen perfiles nutricionales específicos. En nuestro equipo de investigación, en el Laboratorio de Fisiología de Recursos Acuáticos (LAFIRA), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), nos dimos a la tarea de hacer un estudio inicial del perfil nutricional de la harina de ramón comparado con aquel de otras harinas tradicionalmente utilizadas en dietas acuícolas. Observando, una gran similitud entre el perfil nutricional de la harina de ramón, con aquel de la harina de trigo, comúnmente utilizada en alimentos acuícolas. Donde, los con-

tenidos de humedad (%), proteína cruda (N x 6.25 [%]), extracto etéreo (%), cenizas (%), fibra cruda (%), extracto no nitrogenado (%), fósforo (mg g<sup>-1</sup>) y energía bruta (kcal kg<sup>-1</sup>), resultaron ser muy similares entre estas dos harinas (Tabla 1).

Derivado de la similitud nutricional entre la harina de ramón y aquella de la harina de trigo se sugiere que, al momento de formular dietas con harina de ramón, la harina de trigo podría ser el candidato idóneo, para ser reemplazada por la de ramón. En este aspecto, es importante mencionar que, debido a los altos contenidos de fibra cruda y bajos contenidos de proteína, ninguna de las dos, podría ser suplementada a niveles arriba del 20% (masa total del alimento). Esto debido a que, niveles por arriba de lo recomendado, podrían afectar la fisiología digestiva, integridad intestinal y, por lo tanto, el desempeño general de los peces que consumen dietas formuladas con altos niveles de cualquiera de estas dos harinas.

En la industria acuícola y en la investigación relacionada a la nutrición de peces, es bien sabido que, la harina de trigo no compromete el desempeño general de los organismos acuáticos que consumen dietas formuladas con

dicho insumo. Sin embargo, aún no se tiene conocimiento basado en evidencia científica, de si la harina de ramón suplementada a bajos niveles en dietas acuícolas, podría tener algún efecto (positivo o negativo) en cuanto al crecimiento, eficiencia del alimento, utilización de la proteína, actividad de las enzimas digestivas, integridad intestinal y metagenómica.

## PROYECTOS VIGENTES SOBRE EL USO DE LA HARINA DERIVADA DEL RAMÓN EN DIETAS DESTINADAS A LA ACUICULTURA TROPICAL

Dentro del programa para la generación y aplicación de conocimientos y prioridades para el desarrollo de Tabasco, del Conejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET), en UJAT-DACBIOL-LAFIRA, estamos trabajando en el proyecto (PRODECTI-2023-01/059): Impulso a la actividad acuícola estatal mediante investigación con ingredientes sustentables y regionales en dietas acuícolas. Donde además de investigar harinas de insectos como ingrediente para dietas acuícolas, también tenemos contemplado utilizar la harina de ramón, como suplemento en dietas para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), principal sistema producto acuícola de los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán. En este proyecto, estamos trabajando en colaboración con el Colegio de Postgraduados Campus Campeche y convergiendo con objetivos del proyecto «EPN-2022-2: Aprovechamiento del árbol ramón en acuicultura sustentable para la soberanía alimentaria rural» del CONAHCYT, mismo que se enfoca en generar alternativas para abordar los programas estratégicos nacionales (PRONACES) de Soberanía Alimentaria y

Tabla 1. Composición proximal

	Harina de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> )	Harina de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> )
Humedad (%)	4.32	11.24
Proteína cruda (N x 6.25) (%)	11.29	15.01
Extracto etéreo (%)	0.65	3.64
Cenizas (%)	2.99	3.85
Fibra cruda (%)	5.89	4.34
Extracto no Nitrogenado (%)	79.18	73.16
Fósforo (mg g <sup>-1</sup> )	2.39	6.06
Energía bruta (kcal kg <sup>-1</sup> )	16.54	17.56

Fuente: AOAC (1999).

Sistemas Socio-ecológicos y Sustentabilidad. Los alcances de ambos proyectos mencionados permitirán evaluar la viabilidad de recursos, así como su viabilidad de implementarlos como insumos de valor para optimizar los sistemas de producción y generar tecnologías más sostenibles, que no requieran los costos de importación. Y todo esto comienza con el ancestral y tradicional árbol ramón, un legado natural del cual los mayas nos heredaron muchos conocimientos sobre su uso, cuidado y aprovechamiento sustentable.

## CONCLUSIONES

La harina de semilla de ramón es un potencial de ingrediente complementario para dietas de tilapia del Nilo. Resultados preliminares sugieren la posibilidad de que su uso a bajos niveles de inclusión, no comprometería el desempeño general de la tilapia del Nilo. Futuros estudios, en cuanto a fisiología digestiva (actividad enzimática, integridad de los intestinos y metagenómica), se recomienda sean conducidos, con el objetivo de conocer a profundidad sobre los efectos de harina de Ramón, alimento ancestral Maya, suplementado a bajos niveles en dietas para tilapia, principal sistema producto acuícola en el sureste mexicano.

## PARA MAYOR INFORMACIÓN

Para actualizaciones sobre el proyecto de dietas con inclusión de harina de ramón, o nuestros futuros proyectos con inclusión de harinas de recursos nativos del sureste mexicano, pueden seguir nuestro perfil de Facebook @alimentacion.alternativa.en.tilapia mismo que actualizamos constantemente.

## LITERATURA RELEVANTE

- Ayala, A., y Sandoval, S. M. (1995). Establecimiento y producción temprana de forraje de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en plantaciones a altas densidades en el norte de Yucatán. *Agroforestería en las Américas*, 2(7), 10-16. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6228>
- Domínguez-Zárte, P. A., García-Martínez, I., Güemes-Vera, N., y Totosaus, A. (2019). Texture, color and sensory acceptance of tortilla and bread elaborated with Maya nut (*Brosimum alicastrum*) flour to increase total dietary fiber. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 721-741. <https://doi.org/10.21930/rcta.vol20num3art:1590>
- Martínez-Ruíz, N. R., y Larqué-Saavedra, A. (2018). Semilla de ramón. En Sáyago-Ayerdi, D., Álvarez-Parrilla, E. (Eds.), *Alimentos vegetales autóctonos iberoamericanos subutilizados* (pp. 1-24). CYTED.
- Ramírez-Sánchez, S., Ibáñez-Vázquez, D., Gutiérrez-Peña, M., Ortega-Fuentes, M. S., García-Ponce, L. L., y Larqué-Saavedra, A. (2017). El ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) una alternativa para la seguridad alimentaria en México. *Agroproductividad*, 10(1), 80-83. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/943/802>
- Sarmiento-Franco, L., Montfort-Grajales, S., y Sandoval-Castro, C. (2007). La semilla del árbol de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz): alternativa alimentaria energética para animales de producción y seres humanos. *Bioagrocencias*, 15(1), 19-28. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/viewFile/4214/1803>

## Los encantos del agua...

Alfonso Silva Lee

**RESUMEN:** Este artículo explora la fascinante transición de varias especies animales, originalmente terrestres, hacia una vida acuática. A lo largo de millones de años, mamíferos, reptiles, serpientes y hasta una araña han desarrollado adaptaciones únicas que les permiten sobrevivir y prosperar en ambientes acuáticos. Este proceso evolutivo ha dado lugar a criaturas con características físicas y comportamientos altamente especializados, evidenciando la capacidad de la naturaleza para moldear la vida en respuesta a los desafíos ambientales.

*Palabras clave:* adaptación, evolución, acuático, fauna, transformación.



El agua atrae a los animales de tierra como si fuera un imán. La seducción llega incluso a nosotros, y es múltiple: a) En los días de calor, refresca, b) Si es dulce, quita la sed, c) Nos hace olvidar, por un rato, que somos presos de

la fuerza de la gravedad, y, lo más importante, d) En las charcas, ríos y orillas marinas suelen abundar organismos de gran valor nutritivo.

Muchos animales cuyo linaje había sido ciento por ciento terrestre encontraron beneficios en volverse acuáticos. Entre ellos hay algunos coleópteros y chinches, pero los mejores ejemplos están entre los reptiles, las aves y los mamíferos..., y en una araña.

### DE TIERRA A LA ORILLA, Y AL MAR ABIERTO...

El caso más espectacular de un animal terrestre que dio lugar a criaturas acuáticas es el de los cetáceos. Por extraño que parezca, el ancestro de las ochenta y nueve especies de delfines y ballenas era tan cuadrúpedo y terrestre como lobo.

Todo indica que un fósil encontrado en India, del género *Indohyus* y 48 m.a. de anti-

Recibido: 01/05/2024

Aceptado: 12/08/2024

Publicado: 20/08/2024

Alfonso Silva Lee. La Habana, 1945. Master of Sciences, biólogo-zoólogo (ictiología), 1970, Universidad Estatal de Moscú (Lomonosov). Autor o coautor de libros y numerosos artículos científicos.

güedad, debió haber sido el precursor de los cetáceos; o, cuanto menos, un primo suyo. Eso es lo que sugieren las peculiaridades de su cráneo, y sobre todo de su oído. *Indohyus* en nada se asemejaba a una ballena. Su aspecto era intermedio entre una rata y un perro, tuvo un hocico tan largo como el de un galgo... la talla de un gato doméstico... y patas tan delgadas como las de venado. Aquella criatura encontró tanto provecho en el exuberante restaurante costero, que miles de generaciones más tarde dio lugar a seres cuyas patas posteriores se achicaron hasta desaparecer..., y las delanteras se transformaron en aletas. Y se volvieron gigantes.

Los descendientes de *Indohyus* reinventaron la cola a partir de un rabo muy perruno; una cola que baten no de lado a lado, como los peces y los tiburones, sino de arriba hacia abajo. El novedoso movimiento derivó de la costumbre de los mamíferos cuadrúpedos a ondular el cuerpo, mientras galopan, en sentido vertical. Por el camino largaron, por inútiles, los pelos y las orejas... y el cuerpo se les transformó en un torpedo. La evidencia de estos formidables cambios está clarísima en la secuencia de fósiles más y más y más recientes, que en los últimos años han aparecido en los desiertos de Egipto y Pakistán, en sitios que mucho tiempo atrás fueron el fondo de un mar subtropical al que los geólogos han dado el nombre de Tetis.

Los cetáceos son tan acuáticos, que jamás salen a tierra. Hasta bien entrado el siglo XVII, cuando el médico británico Edward Tyson realizó una meticulosa disección de una marsopa, la figura, la velocidad, la cola y las costumbres de los cetáceos habían obligado a pensar que pertenecían al universo de los peces...

Los sirenios (los tres manatíes y el dugongo, *Dugong dugon*, un primo que habita las aguas de África oriental, el sur de Asia y el norte de Australia) también derivaron, hace unos 60 m.a., de un mamífero ciento por ciento terrestre, pero muy diferente de *Indohyus*..., y netamente herbívoro. La secuencia de su transformación en criaturas completamente acuáticas no es tan clara como en el caso de los cetáceos; pero los fósiles de sus descendientes, de unos 40 m.a. de antigüedad –*Protosiren*, *Eosiren*, *Pezosiren*, *Sobrarbesiren*, *Libisiren*, *Eo-theroides*–, han aparecido por medio mundo, y muestran animales casi tan pesados como una vaca, cuyos densos esqueletos indican que, al igual que los hipopótamos, pasaban la mayor parte de sus vidas en el agua. Algunos aun tenían cuatro patas «regulares»; otros, patas muy reducidas; y otros aun, ¡casi-aletas en las extremidades delanteras... y tocones muy reducidos en las posteriores!

La movida hacia el agua de los pinnípedos (morsa, focas, leones marinos, y elefantes marinos) ha sido incompleta, pues se especializaron en buscar alimento a poca distancia de la orilla... y descansan y paren en tierra. Aun cuando su linaje es algo más antiguo que el de los cetáceos y sirenios, nunca desarrollaron una cola de las de nadar. Les bastó transformar las cuatro extremidades en aletas.

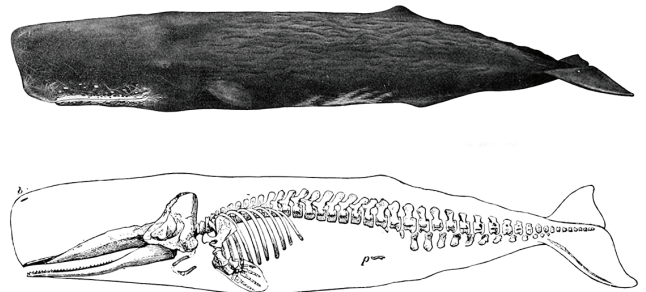


Figura 1. Foto tomada de Wikipedia.org.

## SE PUEDE NADAR SIN PATAS Y BRAZOS... Y SIN ALETAS

Si dejaras caer una culebra en alguna laguna o algún río... el resultado sería un ofidio contento, pues quedaría en libertad. Respecto su repentina obligación a nadar, el asunto no le intimidaría en absoluto: todas las serpientes nadan –y hasta bucean– con la misma destreza de cualquier morena o anguila. Por su propia voluntad, cualquier serpiente puede lanzarse a cruzar un arroyo, e incluso un río; lo podría hacer con la esperanza de hallar más alimento en la otra orilla, o por encontrar allí su medianaranja. No debe extrañar, pues, que algunas serpientes hayan conseguido hacer de las lagunas y los ríos su ambiente habitual. Otras setenta especies son marinas.

En Cuba vive una serpiente, de aspecto muy ordinario, que es 99% riparia: *Tetranorhinus variabilis*. En algunos ríos es tan común, que hasta ha retenido el nombre por el cual le conocieron los aborígenes: catibo. Tres especies hermanas, igual de acuáticas, viven desde Centroamérica hasta Colombia y Ecuador.

Los *Tetranorhinus* son mayormente ignorados por el público, porque se trata de animales pequeños (alcanzan, cuanto más, 80 cm), flacuchos, apacibles, carentes de veneno, y de coloración muy sobria. Rara vez se alejan del líquido, y ponen los huevos en tierra. Cuando se captura un catibo y se le manipula, su defensa consiste en enredarse sobre sí mismo y volverse una pelota. Su dieta es por entero acuática: peces, renacuajos, invertebrados, insectos.

Otro ofidio acuático es la serpiente de manglar, *Nerodia clarkii*, la cual, al igual que los *Tetranorhinus*, es miembro de la numerosa

familia Colubridae (los colúbridos suman alrededor de dos mil especies: cinco de cada seis serpientes pertenecen a este grupo). *N. clarkii* vive en las orillas sureñas de los EE.UU. En Las Antillas solo se la conoce de la costa norte de Cuba. Su nombre común es descriptivo, pues su ambiente favorito son las raíces de los mangles; y se alimenta, sobre todo, de peces muy pequeños.

La serpiente de manglar alcanza la misma longitud que el catibo, pero tiene el cuerpo tres o cuatro veces más grueso, y una disposición muy vivaracha para darle a los intrusos una mordida; pero no es venenosa. Su coloración puede ser en extremo variable: aunque muchos individuos son oliváceos o parduscos, otros pueden ser rojizos, anaranjados, amarillentos o casi por completo negros. Una indicación de su mayor adaptación al agua es que las hembras, en vez de poner huevos, largan al mundo culebrillas ya listas para enfrentar la vida. El desorden de tintes se manifiesta incluso entre los críos de una misma camada.

Casi la totalidad de las doscientas y tantas víboras (la familia Viperidae) son terrestres. En el diccionario de las víboras adaptadas a vivir en los desiertos ni aparecen las palabras RÍO, LAGUNA ni CHARCA. Y una especie tiene, entre los ofidios, el récord mundial de altura: vive en la cordillera del Himalaya, hasta a 4900 m sobre el nivel del mar.

No obstante lo anterior, una víbora, el mocasín de agua, *Agkistrodon piscivorus*, que habita todo el sureste de los Estados Unidos, se volvió semiacuática. No ha perdido la capacidad para moverse por tierra, ni para alimentarse de cuanto animal encuentre fuera del agua: pájaros y mamíferos pequeños, sapos, otras serpientes y murciélagos... Pero pasa la mayor

parte del tiempo sumergida; y lo que predomina en su dieta son peces, ranas, salamandras y hasta cocodrilos de poca edad. El moca-sín de agua es incapaz de capturar peces de una manera sencilla y directa, como lo haría un tiburón o un pingüino. Para alcanzarlos, aplica su apariencia de tronco sumergido y, además, muchísima paciencia; y para atraparlos, se ve obligado a arrinconarlos contra la orilla o contra algún tronco sumergido. Por lo demás, *A. piscivorus* es una serpiente tan ordinaria como cualquier otra.

Otro ofidio que encontró provecho en una vida acuática pertenece al grupo de las boas.

La familia Boidae comprende cerca de medio centenar de especies que se están disseminadas por los ambientes tropicales y subtropicales del mundo entero. Viven hasta en algunas islas apartadas, adonde sus antecesores llegaron por la vía marítima. Nadie sabe si alcanzaron esas tierras flotando a la deriva, o capitaneando amasijos de ramas flotantes que durante días fueron empujados por los vientos. En ciertos casos, es posible que ya hayan estado ahí desde una época en que el nivel del mar era más bajo y las islas se encontraban unidas a un continente.

La mayoría de las boas son terrestres y trepadoras. Las hay de talla entre moderada y grande, y tienen el cuerpo grueso, todo lo cual se corresponde con la tradición alimentaria familiar, basada en acechar y estrangular animales que pueden ser tan pesados como ellas mismas.

No obstante, los hábitos de su linaje, hace algunos millones de años una boa de los trópicos de las Américas aprendió a cazar dentro del agua. La vida en el medio líquido brindaba dos ventajas: a) El incremento de tamaño ha-

bía dejado de ser un problema, y b) Los ríos, charcas y pantanos estaban repletos de cocodrilos y tortugas; y a ellos venían a beber venados, roedores, félidos. Ambos factores dieron lugar a la boa resultante, la anaconda, *Eunectes murinus*, que hoy alcanza unos 7 m de longitud (hay historias de ejemplares mayores, pero son fantásticas) y entre 100 y 200 kg.

La evolución corrió los orificios nasales y los ojos de la anaconda hasta una posición dorsal, algo que le permite respirar y detectar a sus presas mientras que el inmenso cuerpo permanece sumergido. Tanto la cópula, como el parto, tienen lugar dentro del agua. Como siempre, las ventajas en una dirección significaron perjuicios en otra: fuera del agua su movimiento es lento, y torpe a más no poder...

(A principios de 2009 aparecieron, en una mina de carbón de Colombia, vértebras fósiles de veintiocho ejemplares de una boa muchísimo mayor que la anaconda. A partir del tamaño de aquellos huesos [tienen el diámetro de una lata de leche condensada] se ha calculado que debió alcanzar el largo de un autobús, el peso de un automóvil y, en su parte más gruesa, el diámetro del pecho de un caballo... Al género del monstruo se le puso un nombre muy apropiado: *Titanoboa*. En el mismo sitio aparecieron luego las piezas fósiles de un cocodrilo gigante [*Acherontisuchus guajiraensis*] y los de una tortuga [*Carbonemys cofrinii*] que también resultaron campeones en sus categorías. *Titanoboa* vivió hace unos 58 m.a., y no se requiere mucho discernimiento para suponer que debió cazar como mismo hace la anaconda: desde dentro del agua).

En el sureste de Asia vive *Erpeton tentaculatum*, la única serpiente que posee un par de tentáculos en la nariz. Su cabeza recuerda a un

tenedor. Se la conoce como serpiente de tentáculos, y vive en charcas, arroyos y lagunas de aguas muy turbias. Pertenece a la familia Homalopsidae, cuyos 28 géneros y medio centenar de miembros son algo acuáticos. Pero en su género está ella sola, pues su matrimonio con el líquido alcanzó a ser completo.

Los extraordinarios tentáculos de este ofidio juegan un papel crucial para conseguir alimento: son un finísimo sensor de movimiento. La pequeña *E. tentacularum* embosca a los peces mediante una táctica muy singular. Se afinsa por la cola a algún objeto del fondo, y cuando percibe la cercanía de una futura víctima, hace vibrar su cuerpo ¡y lo asusta! El pez, por supuesto, hace por escapar a toda velocidad; pero, cosa curiosa, la serpiente es capaz de *anticipar* su posición la próxima fracción de segundo..., y dirige su ataque hacia allí. La efectiva embestida ha sido filmada con cámaras de alta velocidad. Su singular veneno, especializado en inmovilizar a los peces al instante, hace lo demás...

Al igual que otras serpientes muy adaptadas al agua, *Erpeton* pare a sus críos, y es inepta para andar por tierra. Cuando se seca el charco donde vive, en vez de ir en busca de otro sitio, se entierra en el fango y cae en un letargo que se puede prolongar muchos meses, hasta la siguiente temporada de lluvias.

Otro ejemplo fenomenal de adaptación al medio acuático entre los ofidios está en un grupo de tres especies, del género *Acrochordus*, cuyos nombres vulgares, comunes al trío, dicen mucho: serpientes-escofina, serpientes-verruga, serpientes-trompa de elefante y serpientes cara de perro.

Las serpientes-escofina llevan al parecer tantísimos millones de años adaptándose a ganarse la vida bajo el agua, que difieren mucho

de los demás ofidios. Se las considera, por consiguiente, una familia aparte: Acrochordidae. Viven por las orillas del sur de Asia continental, así como por las costas de los archipiélagos de Indonesia y Filipinas, en las islas Salomón y Nueva Guinea, y por el norte de Australia. Duermen en tierra, muy cerca del agua, pero pasan la noche entera sumergidas en busca de su sustento.

No creo que haya persona a quien la apariencia de estas serpientes no le resulte chocante y hasta desagradable. Sus ojos son demasiado pequeños y están demasiado cerca de la nariz; sus escamas son diminutas y salientes, dándole a la piel el aspecto de un papel de lija de grano muy pero muy grueso; su nada carnavalesca coloración oscila entre gris y parda, a veces con manchas oscuras; y su piel es tan arrugada como la de la trompa de un elefante. Para colmo de males, alcanzan casi 3 m.

La fealdad de las acrocórdidas no es gratuita. El exceso de piel y las escamas protuberantes les permiten agarrar con firmeza a los peces, que pueden ser de considerable tamaño; su grosor, al igual que el de las boas, viene del hábito de estrangular a sus presas; y su mortecino traje deriva de la necesidad de evitar ser detectadas tanto dentro del agua (por sus posibles presas), como fuera de la misma (por los depredadores).

Al igual que las serpientes de manglar, las acrocórdidas paren monstruitos ya listos para valerse por sí mismos. Otra de sus adaptaciones a la actividad bajo el agua es que, en proporción a su peso, tienen un volumen de sangre dos veces mayor... y su sangre, mucha más hemoglobina. Gracias a estas peculiaridades pueden permanecer sumergidas más de dos horas.

La fenomenal adaptación al agua de las serpientes-escofina ha tenido un inconveniente muy serio: son incapaces de moverse por tierra. Tan es así, que los aborígenes de Australia y Nueva Guinea, cuando se deciden a pescarlas, las tiran a la orilla..., y pasan a recogerlas después de terminada la faena: no se han movido de lugar. Vale añadir que no son venenosas, su carne es comestible y, según dicen, con la piel curtida se fabrican unos tambores de primera...

Otro extremo de adaptación de los ofidios al agua está en las serpientes marinas, de las cuales se conocen cerca de setenta especies, restringidas a los océanos Índico y Pacífico.

La inmensa mayoría tiene entre 1,2 y 1,5 m de largo, pero la diversidad de su anatomía es tal, que han sido agrupadas en 17 géneros (*Laticauda*, *Aipysurus*, *Hydrophis*, *Pelamis*...). Su aspecto es similar al de las serpientes comunes y corrientes, aunque, al efecto de facilitar una mejor locomoción en el agua, la evolución les comprimió un poco el cuerpo y les transformó la cola en una espátula. Aun así, la velocidad no es su lado fuerte.

Muchas serpientes marinas son de color deslucido –grisáceas, parduscas–, pero otras son manchadas, o tienen bandas claras y oscuras, y hasta negras y blancas. Algunas son capaces de descender hasta 90 metros de profundidad; otras acostumbran a internarse decenas de kilómetros por los ríos; y tres especies –*Hydrophis semperi*, y dos del género *Laticauda*– alcanzaron a llevar una existencia totalmente dulceacuícola: viven en lagos de Filipinas y las islas Solomón (o Salomón).

Las serpientes marinas guardan muchas similitudes con las especies terrestres de la familia Elapidae, y se las incluye allí. Los estudios

del ADN indican que surgieron hace menos de 6 m.a., en dos eventos separados, de elápidas australianas.

Hay elápidas por los trópicos y subtrópicos del mundo entero, suman más de trescientas especies, y todas son venenosas. Algunas, como las cobras, mambas y taipanes, se han hecho famosas por la letalidad del líquido que inyectan. Durante su adaptación al agua, las serpientes marinas no perdieron la capacidad para elaborar venenos; por el contrario, se volvieron más mortíferas. Esto al parecer fue imprescindible, pues sus presas (sobre todo peces y pulpos) son resbalosas a más no poder... y era preciso paralizarlas al instante. Por otro lado, la total adaptación a un universo donde *nadie* las ataca hizo que las serpientes marinas desecharan la tendencia a defenderse con una mordida: son en extremo mansas, y fuera del líquido se muestran completamente desorientadas.

Al igual que las ballenas, a las serpientes marinas lo único que les faltó para vivir todo el tiempo bajo el líquido fue eliminar los pulmones y recuperar las agallas. Este paso es al parecer imposible, e indica que la evolución,



Figura 2. Foto tomada de Wikipedia.org.

aun cuando puede dar marcha atrás respecto a regresar a vivir en el agua..., es incapaz de cambiar los elementos básicos de una anatomía terrestre.

Las serpientes marinas se las arreglan con un solo pulmón. Pero esto no es una novedad orientada a la vida en el agua, sino una herencia de sus más inmediatos antepasados terrestres. Las serpientes más primitivas –las boas y los pitones, que, como ya dijimos, son de cuerpo grueso– conservan el par de pulmones heredado de un antecesor cuadrúpedo (un lagarto). Pero la mayoría de los ofidios posee uno solo (el derecho), pues a lo largo del tiempo el otro se les atrofió. Los zoólogos suponen que la reducción del pulmón izquierdo se pudo deber a la limitación de espacio en un cuerpo tan delgado. Lo normal en las serpientes es que el único pulmón funcional sea, como todo en ellas, muy alargado: abarca la mitad de su longitud.

Al igual que las acrocórdidas, casi todas las serpientes marinas tienen las escamas del vientre reducidas, y son torpes en tierra. La mayoría se mantiene activa las veinticuatro horas; pero varias especies son ciento por ciento nocturnas. Una de estas últimas, *Aipysurus laevis*, ha desarrollado un novedoso sensor de luz, único entre los reptiles, ¡en la punta de la cola! La insólita curiosidad le brinda un servicio crucial: cuando amanece y se mete en algún escondrijo, ¡su cerebro *se entera* de que es necesario hacer un último esfuerzo para ocultar el extremo posterior!

Unas pocas especies de serpientes marinas son costeras y mantienen las costumbres reproductivas de sus ancestros terrestres: copulan y ponen sus huevos en tierra. Pero la mayoría larga al mundo, en la propia agua, ser-

pienticas ya hechas y derechas. En al menos una isleta de Japón, hay abuelitas –siempre son mujeres– que durante la época de desove visitan la orilla al anochecer, y a mano limpia las meten en un saco. Ya en casa, los ofidios, limpios de piel y vísceras, y troceados, van a parar a un caldero...

La más marina de estas serpientes, *Pelamis platurus*, se adaptó a vivir en el océano abierto, donde la profundidad se mide en kilómetros; y desarrolló la capacidad para respirar por la piel. Nunca descende a más de quince metros, pero puede permanecer sumergida hasta cuatro horas. Su talla y forma son típicas del grupo, pero viste un escandaloso traje negro y amarillo. La llamativa vestimenta va destinada a hacerla resaltar en aquel paraje tan absolutamente azul, y constituye una advertencia, paralela a la de las avispa y fácil de leer para los incautos: «NI SE TE OCURRA METERTE CONMIGO».

*Pelamis platurus* se alimenta de los pececillos que se le arriman –como a cualquier objeto que flote en altamar– en busca de resguardo. Gracias a sus hábitos pelágicos, ha logrado dispersarse hasta las costas de las Américas que dan cara al océano Pacífico: se la conoce desde Perú hasta el golfo de California, incluyendo las islas Galápagos (la población que vive en el golfo Dulce [de Costa Rica], cambió de ropa: viste por completo de amarillo. Se desconoce si esto se debe a algún capricho de los genes..., o porque dicho colorido le ofrezca, en aquel lugar, algún beneficio particular).

A pesar de tener a su disposición desde hace ya casi un siglo el canal de Panamá, la aversión de *P. platurus* al agua dulce no le ha permitido colonizar el mar Caribe. Hasta el momento, su única presencia en el Atlántico

viene de unos pocos ejemplares encontrados frente a la costa de Namibia y África del Sur, que quizás habían sido empujados desde el océano Índico por las corrientes, o liberados por personas en extremo insensatas.

## LAGARTOS CASI CIENTO POR CIENTO ACUÁTICOS

Al igual que las serpientes, la inmensa mayoría de los lagartos (y quizás todos...) son hábiles nadadores; pero pocas especies han atado sus vidas al agua. Apenas una docena, de ambos mundos y pertenecientes a seis familias diferentes, dieron algunos pasos en esta dirección. Una sola especie, la excepción de las excepciones, fue obligada, luego de que sus antecesores recalaran en un archipiélago a casi mil kilómetros del continente más cercano, a volverse cincuenta por ciento marina...

Entre los saurios más afines al agua está el tosco lagarto-cocodrilo (*Shinisaurus crocodilurus*), de China. Su linaje es muy antiguo, y posee tantas extrañezas en su anatomía, que por sí mismo constituye una familia, Shinisauridae. Se alimenta de peces, renacuajos, caracoles e insectos, pero sus demás costumbres son poco conocidas. A juzgar por su pinta – como de cocodrilo muy joven (apenas llega a los 45 cm), fortachón, paticorto y hociquicorto– se podría suponer que la velocidad no es su fuerte.

Otras especies, llamadas lagartos-caimán (del género *Dracaena*), viven por casi toda Suramérica. Se ganaron el nombre por las grandes escamas dorsales, análogas a las de un caimán; y por su gran afinidad con el agua. Tanto su cabeza, como el esqueleto los señalan como miembros de la familia Teiidae (donde

mismo están otras 150 especies, todas nuevo-mundistas). Las *Dracaena* superan un metro, y son expertas en triturar la concha de los moluscos, pues vive de sus partes blandas. Pero los consigue en la vegetación de la orilla.

Aun otros dos lagartos acuáticos, conocidos como dragones de agua (del género *Phyignathus*), habitan Australia y el sur de Asia. Tienen mucho parecido a las iguanas, pero su anatomía y sus genes los ubican en la familia Agamidae (que agrupa a 550 especies, todas viejomundistas).

Algunos lagartos que jamás se alejan de los arroyos se han vuelto expertos en usar la superficie del agua como vía de escape. La habilidad debió derivar de la costumbre de muchos saurios de huir por tierra mediante una carrera bípeda. Los más famosos en esta «magia» son los basiliscos (4 especies, del género *Basiliscus*; de familia Corytophanidae) que habitan los trópicos de las Américas, cuyas altas crestas sobre la cabeza, el tronco y la cola traen a la memoria la estampa de ciertos dinosaurios. El nombre les fue puesto por el naturalista sueco Linneo, y era usado por los griegos de la antigüedad para designar a un mítico reptil de aliento mortal.

Cuando los basiliscos se ven amenazados desde tierra, se lanzan al agua. Al tocar el líquido, comienzan a mover las largas extremidades posteriores, que por turnos rozan el agua y salpican hacia atrás. Sus patadas se suceden a un ritmo tan frenético, que no se hunden... Su huida recuerda el avance de una lancha provista de un motor muy potente.

Cinco agámidos, del género *Hydrosaurus*, viven a la orilla de los ríos, y también usan la superficie del agua para escapar de los carnívoros. Tienen el mismo parecido con una iguana

que *Physignathus*, pero poseen una respetable cresta de piel a lo largo del dorso, que sobre la cola se transforma en una altísima vela. La cresta y la vela le sirven para nadar con más agilidad. Se les conoce como «lagartos-dragón con cola de vela», y viven en Nueva Guinea, Indonesia y Filipinas. *H. amboinensis* sobrepasa 1 m, y es el gigante absoluto de la familia.

La lagartija *Anolis aquaticus*, de Costa Rica, también corre por encima del agua. En su género, que es parte de la familia Iguanidae, hay otras cuatrocientas especies, en su inmensa mayoría terrestres y trepadoras. Pero este lagarto hace un uso muy novedoso del aire contenido en sus pulmones: mientras se agarra al fondo y los vacía... retiene una burbuja de aire –que se expande y se contrae a consecuencia de la contracción y expansión de los pulmones– ¡pegada a la nariz! Sin tener la menor idea acerca de las leyes de la Física, el bandido obtiene aire fresco a partir del oxígeno que atraviesa la frontera entre el agua circundante y su palpitante bolsa de aire «personal». La evolución le regaló una escafandra autónoma de aire renovable (básicamente, un pulmón externo), con la cual puede permanecer bajo el agua hasta veinte minutos. Sus largas inmersiones no están destinadas a conseguir alimento, sino a dar tiempo para que su perseguidor se aburra de esperar... y siga su camino.

Otro lagarto semiacuático es el llamado varano de agua (*Varanus salvator*), común por todo el sur de Asia y algunas islas adyacentes. Alcanza unos 2,5 m, y supera los 25 kg. Pertenece a la familia Varanidae, que incluye a varias decenas de saurios de tallas también desmedidas (a ella también pertenece el famoso dragón de Komodo, que en la actualidad es el mayor saurio del planeta). Come lo mismo

en tierra, que en el agua; y su dieta incluye pájaros, peces, ranas, cangrejos y hasta cocodrilos pequeños. A fin de perseguir mejor a sus presas en el agua, también ha desarrollado una pequeña cresta sobre su larguísima cola.

El único saurio que obtiene la totalidad de su alimento en el agua es la iguana marina, *Amblyrhynchus cristatus*, el más extraño habitante de las islas Galápagos, el archifamoso archipiélago situado unos mil kilómetros al este de Ecuador. Debido a su excepcionalidad, *A. cristatus* ha sido bien atendido por los científicos; y amerita aquí doble y quizás triple espacio.

El aspecto de *A. cristatus* casi no delata sus hábitos acuáticos: tiene la cola apenas comprimida, y sus dedos ni siquiera están unidos por una membrana; nada como cualquier otra iguana, contoneándose con las extremidades plegadas contra el cuerpo. Es un poco hociquicorta y patigrande. Cualquiera diría que es una iguana común y corriente, pero algo más fea. (Su cabeza inspiró la elaboración del personaje central de una célebre película de horror de los años cincuenta, titulada *El monstruo de la laguna negra*. Hoy la cinta da risa; pero en su tiempo, el espantajo le quitó el sueño muchos.)

No obstante, su pinta de saurio terrestre, la iguana marina se encuentra bien adaptada a una existencia extraordinaria, que implica saltar muchas veces al día desde las rocas calientes de la orilla (las Galápagos se encuentran sobre la misma línea ecuatorial) hacia el agua fría que la corriente de Humboldt trae desde la Antártica. Debajo de las olas está su principal alimento: algas. La corriente de Humboldt acarrea tal cantidad de nutrientes, que permite un abundante crecimiento de las algas. Se ha calculado, por ejemplo, que las dos mil iguanas marinas que viven en la orilla noreste de la isla



Figura 3. Foto tomada de Wikipedia.org.

Fernandina consumen cada año unas 28 toneladas de algas.

El hocico corto y los dientes afilados le permiten a *A. cristatus* raspar las algas de las rocas; la cola comprimida le posibilita alejarse de la orilla y alcanzar hasta 20 m de profundidad; las enormes garras hacen que pueda afincarse al fondo sin ser arrastrada por la corriente; y el color oscuro garantiza que, una vez en tierra, el sol caliente su cuerpo en pocos minutos. Viven unos sesenta años.

Tanto la iguana marina, como las hermanas terrestres que habitan las Galápagos (del género *Conolophus*) derivaron de un reducido grupo (aunque pudo haber sido *un solo individuo*: una hembra grávida) de alguna iguana continental que fue empujada hasta el archipiélago por el viento y las corrientes. Se cree que las colonizadoras debieron venir desde México o América Central, pues allí viven las especies más afines; y según las diferencias en el ADN, el viaje pudo ocurrir entre 8 y 10 m.a. atrás, cuando las Galápagos estaban formada por *otras* islas. El archipiélago es de origen volcánico y muy activo: existe desde hace al menos 20 m.a., pero el peso hundió las islas más

antiguas..., y los volcanes generan otras. Entre las islas actuales, la más anciana tiene 3,2 m.a.; y la más joven, apenas cincuenta mil años. Es probable que la especie colonizadora haya hecho el azaroso viaje sobre un amasijo de ramas lanzado por la corriente de un río. (Un perro o un gato se morirían de vergüenza ante la capacidad de una iguana para soportar hambre, sed y calor durante días... y hasta semanas).

No es difícil imaginar qué pudo haber ocurrido después...

Sin otra alternativa, las iguanas recién llegadas a las (antiguas) Galápagos lograron sobrevivir comiendo de la escasa y espinosa vegetación. Luego de quizás decenas de miles de generaciones, el color, el hocico, la dentadura y las tripas se ajustaron al entorno, volviéndolas galapaguenses... Pero galapaguenses *terrestres*. Mientras esto ocurría, en las épocas de seca –que allí pueden ser duras y prolongadas– algunas se aventuraban a comer las algas de la orilla..., una ola se las tragaba..., y la corriente las arrastraba. Muchas no lograban llegar a otra isla cercana, y eran devoradas por los tiburones... pero otras conseguían nadar hasta otra territa... y establecían allí una nueva población. Algunas de estas navegantes involuntarias iban a parar no a otra isla grande y con igual o mayor cantidad de plantas, sino a una de las más pequeñas, que eran casi pura roca volcánica. Sin otra alternativa, dichos individuos comenzaban a comer lo único que tenían a su alcance: las algas de la orilla. Luego de otra fila larga de generaciones, las antiguas especialistas en consumir plantas terrestres alcanzaron a transformarse en buceadoras y come-algas profesionales.

La historia anterior pudo haber sido, por supuesto, diferente. Si te atreves, echa a an-

dar tu fantasía e imagina otro escenario que te parezca más razonable. El ejercicio es libre de costo..., y sin compromiso.

En cada isla galapaguense, la evolución ha ajustado la talla de *A. cristatus* según la disponibilidad de alimento. En las islas mayores alcanzan entre 8 y 12 kg, pero en otras son más y más pequeñas. Las de la isla Genovesa –de apenas 14 km<sup>2</sup> y muy apartada del resto– son auténticas miniaturas: su peso jamás sobrepasa ¡un solo kilogramo!

La diversidad de las iguanas buceadoras se extiende a la coloración. Algunas son por entero negras; y otras, grises o pardas. Las de algunas islas presentan manchas verdosas; y las de otras, una densa salpicadura de manchas amarillentas, anaranjadas, rosadas o azul turquesa. Los diversos trajes pudieran ser intentos de la evolución por ocultarlas mejor de los tiburones; pero, claro está, también pudieran ser –al igual que las variadas ropas, recetas, idiomas y tonadas de los diversos pueblos– consecuencias de los caprichos de la evolución local. Cualquiera que haya sido la causa, los zoólogos hoy reconocen once subespecies (o razas) de *A. cristatus*.

(En las Galápagos, el aislamiento de las iguanas terrestres también dio lugar a diferencias considerables; tantas, que se reconocen tres especies: *Conolophus marthae* solo habita el cráter de un volcán de la isla Isabela, y es rosada, con bandas grises; *C. pallidus*, que vive en la isla Santa Fé, es amarillenta; y *C. subcristatus*, que es nativa de cinco de las islas principales y de las zonas menos elevadas de Isabela, es pardusca, con el vientre amarillo. Las diferencias en el ADN de las dos últimas especies han permitido determinar que se separaron hace unos 5,7 m.a.).

La chocante estampa de las iguanas marinas –al igual que la de los murciélagos– deja de ser absurda, y también fea, cuando comprendemos los beneficios que les brindan sus singularidades. Aun cuando no sea aconsejable intentar acariciarlas (ellas mismas no lo permiten), estos saurios merecen nuestra admiración por haber logrado ajustarse a uno de los parajes más apartados, extraños e inhóspitos del planeta.

Las Galápagos son tierritas tan ásperas para la vida, que algunas poblaciones de un ofidio local, el colúbrido *Pseudalsophis biserialis*, han aprendido a subsistir, sin haber alterado su anatomía en absoluto, de los peces que encuentran en la orilla. (Por cierto, es lícito suponer que los colúbridos terrestres australianos que dieron lugar a las serpientes marinas pudieron haber iniciado su atrevido paso al agua de la misma manera: luego de haber quedado atrapados en islitas donde las condiciones eran igualmente penosas).

## EL PRIMO ACUÁTICO DE LOS CANGUROS

A pesar de llevar unos 125 m.a. en circulación, el linaje de los mamíferos marsupiales –canguros, zarigüeyas, koala–, no ha mostrado inclinación por aprovechar los depósitos de agua. Se pueden suponer dos motivos: a) Para sus hembras, es imposible lanzarse al agua mientras sus embrioncillos, de la talla de un grano de arroz, están dentro del marsupio (su bolso natural), pegados a una teta; y b) Otros animales ya se les habían adelantado en el asunto, volviéndose expertos..., y la competencia resultaba dispareja.

No obstante, lo anterior, un marsupial de las Américas consiguió salvar los inconvenientes del medio líquido. Se trata del pequeño yapok, también conocido como zarigüeya de agua, *Chironectes minimus*, que habita desde el sur de México hasta Brasil. El incentivo de sus ancestros fue la diversidad de los peces del trópico suramericano, de los cuales se alimenta.

Como ya lo dice su nombre científico, es mínimo: su cuerpo alcanza unos treinta centímetros; y la cola, otro tanto. Por su figura, parece un híbrido entre una mangosta y una rata, con grandes manchas oscuras por el dorso. Para conseguir una mayor eficiencia y agilidad al nadar, tiene unos dedos larguísimos en las patas posteriores, que son palmeadas. Las delanteras conservan un tamaño normal para cualquier mamífero de su talla, y tienen los dedos separados: así los necesita para agarrar los peces con firmeza. Su piel, por otro lado, se ha vuelto por completo impermeable: cuando se sumerge, no se moja.

Pero «invento» más sorprendente que la evolución produjo en el yapok está en la bolsa donde lleva los críos, cuyo sistema de cierre es tan eficiente, que las mamás se lanzan al agua cada atardecer y pescan durante toda la noche sin ahogar a sus vástagos. El marsupio abre hacia atrás, algo que ya constituye una ventaja; pero la maravilla está en el potente músculo anular que hace al marsupio tan a prueba de agua como un reloj para submarinistas. Pero hay más...

El macho de casi todos los marsupiales carece de bolsa. Esto se entiende, pues no las necesitan. Pero el yapok macho tiene una; y no es porque el papá sea ejemplar y comparta con la hembra el deber de cargar a los críos: su bolsa evita que «sus partes» sean dañadas al mover-

se entre los despojos de vegetación que siempre hay en el fondo. Ni siquiera cierra bien. (El macho del llamado lobo marsupial o lobo de Tasmania, *Thylacinus cynocephalus*, que escasa relación tenía con el agua, también poseía una bolsa. Pero se extinguió hace más de medio siglo, y ya es tarde para averiguar qué ventajas le ofrecía. Hay quienes piensan que también le pudo haber servido para proteger su «equipo de varón» contra los rasguños y heridas al perseguir a sus presas por los matorrales).

## LA MÁS AUDAZ DE TODAS LAS ARAÑAS

Por último está un pequeño invertebrado que se apartó de su nutrido grupo terrestre (compuesto por unas cincuenta mil especies) y se inclinó por una existencia ciento por ciento subacuática, si bien utiliza un engaño.

El grupo en cuestión es el de las arañas, y la especie buceadora es la araña de agua, *Argyroseta aquatica*, ampliamente distribuida por Europa y el norte de Asia. Al parecer no lleva mucho tiempo adaptada a vivir bajo el agua, pues poco se distingue de otras arañas. Algunos zoólogos la han asignado a la familia Cybaeidae; y otros, a Dictynidae. Alcanza, cuanto más, unos 15 milímetros.

Al igual que ocurre con los animales que utilizan partes de su cuerpo para realizar funciones muy diferentes de las originales (por ejemplo: la lengua, para limpiar la pelambre), la araña de agua aprovecha los pelos de su cuerpo (todas las arañas, y no solo las peludas, tienen «pelos») para retener bajo el líquido una pequeña burbuja de aire. Con esas burbujas, que poco a poco acumula debajo de una telaraña especial, se fabrica su hogar. Cuando A.



Figura 4. Foto tomada de Wikipedia.org.

*aquatica* captura alguna presa, la lleva a casa, y es allí donde la consume. (La boca de las arañas solo admite el paso de líquidos. Su método de alimentación consiste en inyectar jugos gástricos a la presa, dentro de la cual ocurre la digestión. Luego chupan lo digerido. La araña de agua realiza esta operación como mismo hacen las demás, pero dentro de su campana de aire).

Desde la casa de aire, *A. aquatica* se mantiene atenta a las vibraciones producidas por los insectos y crustáceos, tanto los que caen a la superficie, como los que se mueven por los alrededores. A la hora de procrear, el macho construye una campana a poca distancia de la novia, se fabrica un túnel (también de aire), perfora el espacio de su medianaranja, y la fecunda. La hembra pone los huevos dentro su burbuja, y los envuelve en seda y protege como mismo hacen las arañas terrestres. Las decenas de arañitas salen del huevo en un minambiente de gases atmosféricos. *A. aquatica* consiguió volverse acuática sin dejar de ser terrestre...

No es difícil imaginar cómo sus predecesores se pudieron haber atrevido a vivir en

el agua: por todo el hemisferio norte, varias arañas –de los géneros *Pisaurina* y *Dolomedes*– son expertas en caminar sobre la superficie del agua; y en detectar, con sus patas delanteras encajadas en el líquido, las vibraciones producidas por los insectos. Algunas hasta mueven las patas con el fin de atraer renacuajos y peces pequeños.

El quehacer de los animales debió haber sido, para nuestros antepasados lejanos, causa de mucho asombro. En la actualidad, los documentales y experimentos acerca de las vidas y hazañas de las más diversas criaturas –y acerca de sus porqués– dan razones para estar constantemente fascinados.

Está más que demostrado que los seres humanos podemos ser en extremo fantasiosos; pero es imposible, completamente imposible, imaginarnos un teatro más seductor.

## LITERATURA RELEVANTE

- Boorstin, D. (1983). *The Discoverers*. Penguin Books.
- Carwardine, M. (2000). *Whales, Dolphins and Porpoises*. Londres: Dorling and Kindersley Handbooks.
- Gould, E. y McKay, G. (Eds.) (2003). *Encyclopedia of Mammals*. San Francisco: Fog City Press.
- Halliday, T., y Adler, K. (1991). *The Encyclopedia of Reptiles and Amphibians*. Nueva York, Oxford: Facts on File.
- Mattison, C. (1986). *Snakes of the World*. Facts on File.
- . (1989). *Lizards of the World*. Facts on File.
- Preston-Mafham, R. y Preston-Mafham, K. (1994). *Spiders of the World*. Facts on File.

# La Juana de Arco de las ciencias: la cienciometría. De la hoguera a la luz

Valeria S. Ocaranza Joya<sup>1,2</sup>, Gabriela Huerta Ávila<sup>1,3</sup>,  
Tania Y. Mendiola-Altamirano<sup>1,3</sup>, Martín A. Aréchiga Palomera<sup>1</sup>,  
Omar A. Peña Almaraz<sup>1,2</sup>, Karen N. Nieves Rodríguez<sup>1</sup> y  
Olimpia Chong Carrillo<sup>1,4</sup>

**RESUMEN:** La cienciometría, una disciplina que estudia la producción y difusión del conocimiento científico, ha evolucionado significativamente desde su surgimiento en la década de 1960. El Dr. Eugene Garfield creó el Science Citation Index, y el término «cienciometría» fue acuñado por Vasili Nalimov, lo que permitió sistematizar el acceso a la información científica. La cienciometría combina teorías de la sociología de la ciencia, bibliometría y estadística para analizar datos sobre publicaciones, citas y colaboraciones. Utiliza indicadores como el factor de impacto y el índice H para evaluar la influencia y productividad de la investigación. A pesar de su utilidad, enfrenta críticas por su dependencia de

métricas cuantitativas, lo que puede simplificar la complejidad de la ciencia. Hoy en día, la cienciometría se beneficia de herramientas digitales y algoritmos avanzados, facilitando el análisis de grandes volúmenes de datos. Esto ha permitido descubrir patrones en la investigación, identificar áreas emergentes y evaluar el impacto social de la ciencia. Así, la cienciometría no solo mide la producción científica, sino que también ofrece una comprensión más profunda de cómo se desarrolla y se difunde el conocimiento, contribuyendo a la toma de decisiones informadas en el ámbito científico y tecnológico.

*Palabras clave:* ciencia, indicadores, impacto, interdisciplinariedad, evolución.

Recibido: 11/05/2024

Aceptado: 20/08/2024

Publicado: 23/08/2024

<sup>1</sup>Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup>Programa de Doctorado en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas (BEMARENA). Universidad de Guadalajara.

<sup>3</sup>Programa de Maestría en Ciencias en Ciudad, Cambio Climático y Resiliencia. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara.

<sup>4</sup>Estancias Posdoctorales por México. CONAHCYT.



La década de los sesenta fue un periodo de intensa actividad científica e innovación tecnológica, marcado por numerosos inventos y descubrimientos que han tenido un impacto significativo en la humanidad. Entre los más notables se encuentran la exploración espacial, con Yuri Gagarin convirtiéndose en el primer ser humano en viajar al espacio y orbitar la Tierra a bordo de la nave Vostok 1. En 1965, Alexei Leonov realizó la primera caminata espacial de la historia. Aunque la misión de la sonda Venera 3 en 1966 no logró transmitir datos desde Venus, se convirtió en el primer objeto hecho por el ser humano en impactar la superficie de otro planeta, demostrando la capacidad para alcanzar destinos aún más lejanos en el sistema solar. Además, la aprobación de la píldora anticonceptiva por la FDA en 1960 tuvo un profundo impacto en la sociedad, transformando las normas sociales y sexuales. Mientras estos trascendentales eventos ocurrían, alrededor de 1964, el Dr. Eugene Garfield diseñaba la base de datos de citación de publicaciones científicas Science Citation Index (SCI), y entre 1966 y 1969, el matemático y filósofo ruso Vasili Vasílievich Nalimov, en coautoría con Z.M. Mulchenko, acuñaba el término «cienciometría».

La combinación de innovación tecnológica y científica durante este periodo sentó las bases para el desarrollo y avance en múltiples áreas del conocimiento y la vida cotidiana en las décadas siguientes. Los precursores de la cienciometría lograron algo más que acuñar una nueva expresión; instauraron cambios fundamentales que han sido esenciales en la sistematización y el acceso a la información,

transformando radicalmente el estudio de la ciencia y la tecnología.

La resistencia proverbial del ser humano ante lo desconocido ha sido una constante que, aunque obstaculiza, en ocasiones también dinamiza el desarrollo científico, haciendo eco de la ley de la negación de la negación, esa ley dialéctica formulada por Hegel que fundamenta el carácter progresivo del desarrollo. Giordano Bruno, Miguel Servet, Descartes, Kepler y Galileo son ejemplos contundentes de lo que daña e incentiva la oposición al desarrollo. Sin embargo, la sutil resistencia ante lo novedoso se manifiesta asiduamente en métodos que excluyen la multidisciplinariedad y se aferran a la convencional «pureza» y al retrógrado absolutismo científico. Un ejemplo evidente fue la reacción manipulada ante las vacunas durante la COVID-19, a pesar de que la práctica de la vacunación se remonta a 1796, cuando Edward Jenner inoculó la viruela con éxito y, entre detractores e incrédulos, halló seguidores como Henry Cline y el Dr. Woodville, quienes sentaron las bases de lo que hoy garantiza una esperanza de vida superior en el planeta

La cienciometría se ha desarrollado como una disciplina científica que se enfoca en el estudio cuantitativo de la producción y difusión del conocimiento científico. Como ciencia, la cienciometría se sitúa en la intersección de varias disciplinas, incluyendo la bibliometría, la estadística, la informática, la sociología de la ciencia, y la gestión del conocimiento. Su objetivo principal es entender y evaluar cómo se produce, comunica y utiliza el conocimiento científico a través del análisis de datos sobre publicaciones, citas, colaboraciones y otras métricas relacionadas.

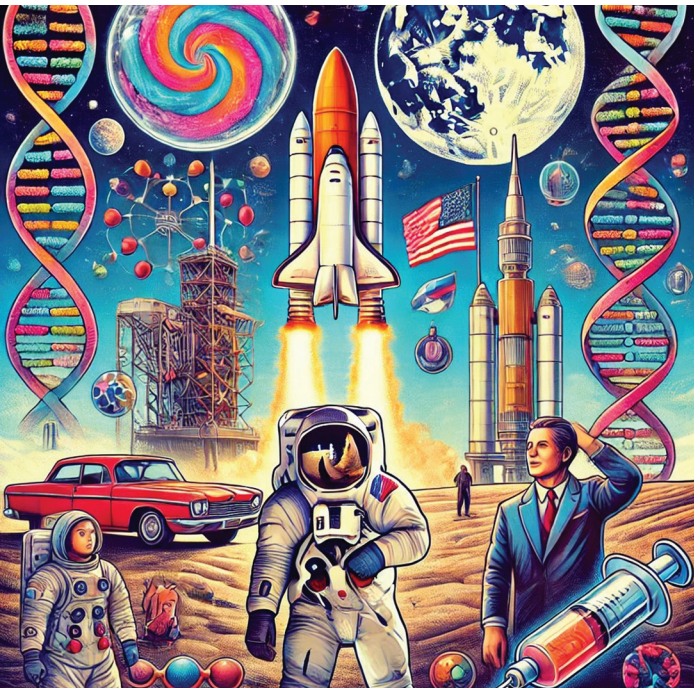


Figura 1. Generada con la IA chatGPT.

## ASPECTOS CLAVE DE LA CIENCIOMETRÍA COMO CIENCIA:

1. *Fundamentos Teóricos:* La bibliometría se basa en teorías y modelos que buscan explicar cómo se desarrolla la ciencia. Esto incluye la Ley de Lotka sobre la productividad de los autores, la Ley de Zipf sobre la distribución de palabras clave en los textos científicos, y la Ley de Bradford sobre la dispersión de artículos en revistas científicas. Estas teorías ayudan a construir una base para entender patrones en la producción científica.

2. *Metodología Cuantitativa:* Como ciencia, la bibliometría emplea herramientas estadísticas y matemáticas para analizar grandes volúmenes de datos. Esto incluye técnicas de análisis de redes, modelado bibliométrico, y minería de datos. La rigurosidad en el diseño de estos métodos es crucial para asegurar la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos.

3. *Interdisciplinariedad:* La bibliometría es inherentemente interdisciplinaria. Abarca aspectos de la sociología de la ciencia para entender las dinámicas de colaboración y poder en la ciencia, utiliza la informática para el manejo de grandes bases de datos y desarrolla indicadores que son aplicados en la gestión de la ciencia y la tecnología.

4. *Desarrollo de Indicadores:* Uno de los logros más importantes de la bibliometría como ciencia es el desarrollo de indicadores cuantitativos que permiten evaluar la producción científica. Estos indicadores, como el factor de impacto, el índice H, y las citas por publicación, son utilizados para medir la influencia, productividad, y colaboración en la ciencia.

5. *Aplicaciones Prácticas:* La bibliometría no solo tiene un valor teórico, sino que también es aplicada en la gestión y política científica. Por ejemplo, los resultados de estudios bibliométricos informan decisiones sobre la asignación de fondos de investigación, la evaluación de la calidad de instituciones académicas, y la identificación de áreas emergentes en la ciencia y la tecnología.

6. *Crítica y Evolución:* Como toda ciencia, la bibliometría ha evolucionado a través de la crítica y la adaptación. Las limitaciones de las métricas tradicionales han llevado al desarrollo de nuevos indicadores y métodos, como el altmetrics, que busca medir el impacto de la ciencia más allá de las citas en revistas académicas, incorporando menciones en redes sociales, blogs, y otros medios digitales.

7. *Impacto Social:* La bibliometría también estudia el impacto de la ciencia en la sociedad. Esto incluye cómo la investigación científica influye en la política pública, la economía, y la in-



Figura 2. Generada con la IA chatGPT.

novación tecnológica. Este enfoque más amplio busca conectar la producción de conocimiento con sus efectos tangibles en el mundo real.

Desde su consolidación con la creación de la revista *Scientometrics* en 1978, la ciencia métrica ha transformado la manera en que los investigadores visualizan el panorama científico, proporcionando una perspectiva clara y objetiva.

La revolución digital ha sido un catalizador para la ciencia métrica, democratizando el acceso al conocimiento científico. Bases de datos y buscadores como Dialnet, Redalyc, Scopus, Web of Science y Google Scholar, entre otros, facilitan la participación global en la conversación científica. La ciencia métrica ha evolucionado para incorporar teorías sociales y herramientas avanzadas, especialmente en el análisis y visualización de datos científicos. Este enfoque interdisciplinario ha dado lugar a una disciplina robusta que no solo mide la

producción científica, sino que también ofrece nuevas formas de entender y visualizar cómo se desarrolla y se difunde el conocimiento.

## INTEGRACIÓN DE TEORÍAS SOCIALES

La ciencia métrica no es solo una colección de técnicas cuantitativas, sino que se enriquece significativamente al integrar teorías sociales. Estas teorías ayudan a entender el comportamiento de los científicos, la formación de redes de colaboración, y cómo el conocimiento se distribuye en diferentes comunidades científicas. Algunos ejemplos incluyen:

1. *Teoría de Redes Sociales*: Esta teoría ayuda a entender cómo se forman y evolucionan las redes de colaboración científica. En la ciencia métrica, se utilizan modelos de redes para mapear las relaciones entre investigadores, instituciones, y países, revelando patrones de colaboración que pueden influir en la producción y difusión del conocimiento.

2. *Teoría de la Difusión de Innovaciones*: Aplicada a la ciencia métrica, esta teoría ayuda a explicar cómo se propagan nuevas ideas y tecnologías a través de la comunidad científica. Los estudios ciencia métricos pueden identificar «adoptantes tempranos» de nuevas teorías o tecnologías, así como los factores que aceleran o ralentizan la adopción en diferentes áreas del conocimiento.

3. *Sociología del Conocimiento*: Esta teoría investiga cómo los contextos sociales, culturales y económicos influyen en la producción de conocimiento. En la ciencia métrica, se puede usar para analizar cómo factores externos, como políticas de financiamiento o cambios

sociales, afectan la dirección y el enfoque de la investigación científica.

## USO DE ALGORITMOS Y HERRAMIENTAS AVANZADAS

El desarrollo de algoritmos sofisticados ha sido esencial para procesar y analizar los grandes volúmenes de datos que la ciencia métrica maneja. Algunas de las herramientas y metodologías más relevantes incluyen:

1. *Algoritmos de Análisis de Redes*: Estos algoritmos permiten analizar y visualizar las conexiones entre diferentes elementos, como autores, artículos y revistas. Por ejemplo, el análisis de coautoría puede revelar patrones de colaboración, mientras que el análisis de co-citación puede mostrar cómo se agrupan las ideas y teorías en diferentes subdisciplinas.

2. *Mapas Científicos*: Utilizando técnicas como la visualización de mapas de citas y co-citaciones, los investigadores pueden crear representaciones gráficas del conocimiento científico. Estos mapas muestran cómo diferentes áreas de investigación están conectadas, cuáles son los núcleos de conocimiento, y cómo se han desarrollado diferentes campos a lo largo del tiempo.

3. *Algoritmos de Minería de Datos*: La minería de datos es crucial para extraer información útil de grandes bases de datos bibliográficas. Algoritmos de clasificación, agrupamiento y análisis de tendencias se utilizan para identificar patrones en la producción científica, como el surgimiento de nuevas áreas de investigación o cambios en la colaboración internacional.

4. *Análisis de Redes Sociales (ARS)*: Utilizando herramientas de ARS, la ciencia métrica puede analizar la estructura de redes de cola-

boración entre científicos, instituciones o incluso países. Estas redes pueden visualizarse para identificar actores clave (por ejemplo, investigadores influyentes) o para descubrir comunidades científicas que trabajan en temas específicos.

## IMPACTO EN EL DESARROLLO DE ALGORITMOS

La necesidad de manejar y analizar grandes volúmenes de datos en la ciencia métrica ha impulsado avances significativos en el desarrollo de algoritmos especializados. Estos avances incluyen:

1. *Algoritmos de Clustering*: Utilizados para agrupar documentos o investigadores en función de similitudes en sus patrones de citación o temas de investigación. Estos algoritmos ayudan a identificar subdisciplinas dentro de un campo o a descubrir nuevas áreas emergentes.

2. *Algoritmos de Centralidad*: Estos algoritmos calculan medidas de centralidad en redes de colaboración o citación, ayudando a identificar nodos clave que son cruciales para la propagación del conocimiento o la conexión entre diferentes subredes.

3. *Análisis Predictivo*: Algoritmos de aprendizaje automático se están utilizando cada vez más para predecir tendencias futuras en la investigación, como qué temas serán prominentes o qué artículos tendrán un alto impacto en el futuro.

## Ejemplos Concretos

- *Mapas de Co-Citación*: Estos mapas han revelado cómo se agrupan diferentes teorías y metodologías dentro de la biología molecular, permitiendo a los investigadores ver

cómo se interrelacionan las subdisciplinas y qué áreas están más conectadas.

- *Redes de Colaboración Científica:* El análisis de redes ha mostrado cómo la colaboración internacional en el campo de la ecología ha aumentado, destacando las conexiones entre investigadores de diferentes continentes y cómo estas colaboraciones han llevado a avances en la comprensión de los ecosistemas globales.
- *Predicción de Tendencias en Investigación:* Algoritmos de minería de datos han permitido predecir el aumento de interés en temas como la biología sintética, guiando a instituciones y agencias de financiamiento en la asignación de recursos hacia estas áreas emergentes.

La combinación de teorías sociales con herramientas avanzadas y algoritmos en la ciencia métrica ha permitido una comprensión más profunda y visualmente rica del desarrollo científico, impulsando nuevas formas de analizar y optimizar la producción de conocimiento en campos como las ciencias biológicas.

Herramientas como la minería de datos, el análisis de redes y otras técnicas computacionales han permitido realizar descubrimientos importantes en ciencia y tecnología, revelando patrones ocultos en grandes volúmenes de datos que no serían detectables mediante análisis tradicionales. Algunos descubrimientos logrados a través de la minería de datos en el contexto cuantitativo incluyen:

1. *Identificación de relaciones interdisciplinarias:* La minería de datos ha permitido descubrir conexiones no evidentes entre diferentes disciplinas científicas. Por ejemplo, se han identificado vínculos entre la investigación en

biomedicina y la ciencia de materiales que han llevado al desarrollo de nuevos biomateriales para aplicaciones médicas.

2. *Predicción de avances científicos:* Utilizando algoritmos de minería de datos, los investigadores han podido predecir cuáles serán las próximas áreas de crecimiento en la ciencia. Por ejemplo, se anticiparon las explosiones de interés en la investigación en CRISPR y la edición genética antes de que se volvieran dominantes.

3. *Detección de fraude científico:* La minería de datos ha sido utilizada para identificar patrones inusuales en publicaciones científicas, lo que ha llevado al descubrimiento de casos de fraude o mala conducta científica. Esto ha mejorado la integridad y calidad de la investigación científica.

4. *Redes de colaboración:* Los análisis de redes a partir de la minería de datos han revelado estructuras de colaboración entre científicos que han sido esenciales para grandes descubrimientos. Estas redes han mostrado cómo ciertos grupos de investigadores se organizan y colaboran eficientemente, lo que ha resultado en avances significativos en áreas como la física cuántica y la inteligencia artificial.

5. *Análisis de citas para descubrir influencias ocultas:* La minería de datos aplicada a las citas ha permitido descubrir influencias científicas que no eran evidentes. Por ejemplo, se han identificado artículos seminales en campos como la computación cuántica que inicialmente no recibieron mucha atención, pero que posteriormente se convirtieron en referencias clave.

6. *Evaluación del impacto a largo plazo:* Al analizar grandes conjuntos de datos históricos, se han descubierto investigaciones cuyo im-

pacto real solo se hizo evidente décadas después de su publicación. Este tipo de análisis ha permitido revalorizar trabajos científicos que en su momento no fueron reconocidos como importantes.

De este modo, la cienciometría traduce datos en conocimiento aplicable, guiando decisiones estratégicas en investigación y desarrollo.

La cienciometría es extremadamente útil para los metanálisis por varias razones clave:

1. *Identificación de estudios relevantes:* La cienciometría facilita la búsqueda y recopilación de estudios relevantes para un metanálisis. Utilizando bases de datos y herramientas cienciométricas, los investigadores pueden identificar de manera eficiente los artículos más citados, influyentes y relevantes en un campo específico, lo que es fundamental para realizar un metanálisis exhaustivo.

2. *Evaluación de la calidad de la investigación:* A través de métricas cienciométricas como el factor de impacto de las revistas, el índice H de los autores y el número de citas, es posible evaluar la calidad de los estudios incluidos en un metanálisis. Esto ayuda a seleccionar investigaciones que tienen un alto rigor científico y un impacto significativo en el campo, mejorando la calidad del metanálisis.

3. *Detección de sesgos en la literatura:* La cienciometría permite detectar sesgos en la literatura científica, como el sesgo de publicación (la tendencia a publicar solo estudios con resultados positivos). Al analizar patrones de citación y la distribución de publicaciones en diferentes revistas, los investigadores pueden identificar áreas donde puede haber una representación sesgada de los datos, lo que es crucial para la validez de un metanálisis.

4. *Análisis de tendencias temporales:* Los estudios cienciométricos pueden revelar cómo han cambiado las tendencias de investigación a lo largo del tiempo. Esto es útil para los metanálisis porque permite contextualizar los resultados en función de la evolución del campo, considerando cómo los avances tecnológicos, teóricos o metodológicos pueden haber influido en los resultados de los estudios incluidos.

5. *Mapeo de redes de colaboración:* La cienciometría puede mostrar las redes de colaboración entre investigadores y grupos de investigación. Esto es importante para entender las posibles influencias y dinámicas que pueden afectar la producción de conocimiento en un área específica, lo que puede ser relevante para la interpretación de los resultados de un metanálisis.

6. *Visualización de la estructura del conocimiento:* Herramientas cienciométricas como los mapas de citas y los análisis de co-citación permiten visualizar la estructura del conocimiento en un campo específico. Esto ayuda a identificar clusters de investigación, teorías predominantes y lagunas en el conocimiento, lo cual es valioso para orientar un metanálisis y para la interpretación de sus resultados.

7. *Evaluación de la heterogeneidad de estudios:* La cienciometría puede ayudar a evaluar la heterogeneidad entre estudios, al proporcionar información sobre las diferencias en el diseño de estudios, las metodologías utilizadas, y las poblaciones estudiadas. Esto es esencial para entender las fuentes de variabilidad en un metanálisis y para realizar análisis de subgrupos más precisos.

## DOMINAR LOS FLANCOS DÉBILES, FORTALECE EL MANEJO DE LA METODOLOGÍA

La cienciometría, aunque valiosa, ha recibido críticas por varios aspectos que sus detractores consideran problemáticos. A continuación se presentan algunos de los elementos más comúnmente criticados:

1. *Dependencia excesiva de métricas cuantitativas*: Una de las críticas más frecuentes es que la cienciometría tiende a reducir la calidad de la investigación a números, como el número de publicaciones, el factor de impacto de las revistas o el índice H. Los críticos argumentan que estas métricas no capturan completamente la calidad, originalidad o importancia de la investigación.

2. *Sesgo hacia las ciencias duras y publicaciones en inglés*: La cienciometría a menudo favorece a las ciencias duras (como la física o la medicina) y a las publicaciones en inglés, lo que puede marginar a la investigación en ciencias sociales, humanidades o en otros idiomas. Esto genera una representación sesgada de la producción científica global.

3. *Incentivos perversos y presión para publicar*: Las métricas cienciométricas pueden crear incentivos perversos, como la presión para publicar en grandes cantidades en lugar de enfocarse en la calidad o la innovación. Esto ha llevado a fenómenos como la «publicación salami», donde se divide una investigación en partes más pequeñas para generar más publicaciones.

4. *Sesgo de citación y autocitación*: Los detractores señalan que las métricas basadas en citas pueden ser manipuladas a través de la autocitación o la citación entre colegas. Ade-



Figura 3. Generada con la IA chatGPT.

más, los artículos que se publican en revistas de alto impacto tienden a recibir más citas independientemente de su calidad, lo que puede distorsionar la percepción de su importancia.

5. *Falta de contexto en las métricas*: Las métricas cienciométricas a menudo carecen de contexto, lo que significa que no consideran factores como el campo de estudio, la etapa de la carrera del investigador, o el tamaño de la comunidad científica en un área particular. Esto puede llevar a comparaciones injustas entre investigadores o instituciones.

6. *Impacto negativo en la creatividad y la investigación innovadora*: Algunos críticos argumentan que la cienciometría puede desincentivar la investigación innovadora o de alto riesgo, ya que tales proyectos pueden no producir resultados publicables a corto plazo o en revistas de alto impacto, lo que puede perjudicar las métricas del investigador.

7. *Reducción de la diversidad temática*: La dependencia de métricas cienciométricas

puede favorecer temas de investigación que son populares y tienen altas tasas de citación, mientras que temas menos populares pero igualmente importantes pueden ser subfinanciados o ignorados. Esto puede limitar la diversidad temática en la investigación científica.

8. *Limitaciones en la evaluación de la investigación aplicada o interdisciplinaria:* La cienciometría a menudo se adapta mejor a la evaluación de la investigación teórica y disciplinaria, pero puede tener dificultades para evaluar adecuadamente la investigación aplicada o interdisciplinaria, que puede no encajar bien en las categorías tradicionales de citas y publicaciones.

9. *Riesgo de consolidar desigualdades:* Al priorizar ciertos indicadores como el factor de impacto o el índice H, la cienciometría puede perpetuar desigualdades en la academia, beneficiando a investigadores en instituciones ricas o en países desarrollados, mientras que los investigadores de regiones menos favorecidas pueden ser marginados.

Estas críticas resaltan la necesidad de utilizar la cienciometría con cautela y de complementarla con evaluaciones cualitativas y contextuales para obtener una visión más equilibrada y justa de la calidad y el impacto de la investigación científica.

Para abordar las críticas a la cienciometría y mejorar su uso, es esencial implementar prácticas más integrales y reflexivas. Algunas estrategias pueden solventar los problemas mencionados:

1. *Complementar métricas cuantitativas con evaluaciones cualitativas:* Para evitar la dependencia excesiva de las métricas cuantitativas, es crucial complementar los indicadores cien-

tométricos con evaluaciones cualitativas. Esto puede incluir revisiones por pares, análisis de la relevancia social de la investigación, y estudios de impacto a largo plazo. Una evaluación mixta permite una visión más completa de la calidad y el impacto de la investigación.

2. *Contextualizar las métricas:* Las métricas deben ser interpretadas en el contexto adecuado. Esto significa considerar el campo de estudio, el tamaño de la comunidad científica, y la etapa de la carrera del investigador. Por ejemplo, el índice H de un investigador joven no debe compararse directamente con el de un investigador senior. Además, es importante adaptar las métricas según el área de conocimiento para no perjudicar a las ciencias sociales, humanidades o disciplinas menos citadas.

3. *Promover y valorar la investigación en idiomas diferentes al inglés:* Es necesario fomentar la inclusión de publicaciones en idiomas distintos al inglés en bases de datos internacionales y valorar su impacto en contextos locales. Esto ayudaría a mitigar el sesgo hacia las publicaciones en inglés y promovería una representación más equitativa de la producción científica global.

4. *Fomentar la diversidad temática e interdisciplinaria:* Para evitar la homogeneización de la investigación, las políticas de evaluación deben incentivar la diversidad temática y el trabajo interdisciplinario. Esto podría incluir la creación de métricas específicas que valoren la innovación, la aplicación práctica de la investigación, y la colaboración entre diferentes disciplinas.

5. *Desarrollar métricas ajustadas y específicas:* Las métricas deben ser diseñadas y ajustadas para diferentes contextos y tipos de investigación. Por ejemplo, se pueden crear

indicadores que midan el impacto social o económico de la investigación aplicada, o desarrollar métricas que reconozcan la contribución en áreas interdisciplinarias que no se ajustan a las categorías tradicionales.

6. *Controlar y minimizar el sesgo de citación:* Se pueden implementar políticas y herramientas que detecten y minimicen el impacto de la autocitación excesiva y las redes de citación cerradas. Esto incluye la transparencia en los procesos de citación y la promoción de prácticas éticas en la citación.

7. *Incentivar la investigación de alto riesgo y a largo plazo:* Para contrarrestar la presión por publicar rápidamente, las agencias de financiamiento y las instituciones pueden crear programas específicos para apoyar investigaciones de alto riesgo y proyectos a largo plazo. Reconocer el valor de los resultados negativos y la investigación que no necesariamente se traduce en publicaciones de alto impacto inmediato también es crucial.

8. *Implementar políticas de equidad y diversidad:* Las instituciones y las agencias evaluadoras deben adoptar políticas que fomenten la equidad y la diversidad, reconociendo las contribuciones de investigadores en contextos desfavorecidos y promoviendo la inclusión de mujeres y otros grupos subrepresentados en la ciencia.

9. *Incorporar el análisis del impacto social y ético:* Además de medir el impacto académico, las métricas deben considerar el impacto social, económico y ético de la investigación. Esto puede incluir la evaluación de cómo la investigación contribuye al bienestar social, la innovación sostenible, y el desarrollo comunitario.

10. *Revisión constante y adaptativa de las métricas:* Las métricas y métodos cienciomé-

tricos deben ser revisados y adaptados regularmente para asegurarse de que reflejan de manera adecuada los cambios en la ciencia y la tecnología. Esta revisión debe involucrar a múltiples partes interesadas, incluyendo científicos de diversas disciplinas, responsables de políticas, y la sociedad civil.

Estas prácticas buscan hacer de la cienciometría una herramienta más justa, inclusiva y representativa, capaz de capturar la complejidad de la producción científica y tecnológica en su totalidad.

A pesar de sus avances, la cienciometría enfrenta desafíos, especialmente en lo relacionado con la calidad y accesibilidad de los datos. La brecha digital entre países desarrollados y en desarrollo resalta la necesidad de mejorar las infraestructuras de datos y la educación.

## BIOLOGÍA Y CIENCIOMETRÍA

La cienciometría es de gran importancia para las ciencias biológicas, ya que ofrece herramientas y métodos para evaluar, analizar y mejorar la investigación en este campo. Algunas de las formas en que la cienciometría impacta en las ciencias biológicas, son:

1. *Evaluación del Impacto de la Investigación*
  - *Importancia:* Las ciencias biológicas abarcan una amplia gama de disciplinas, desde la biología molecular hasta la ecología. La cienciometría permite medir el impacto de las investigaciones en estas áreas, ayudando a identificar los estudios más influyentes y los investigadores líderes.
  - *Ejemplo:* El uso del índice H y el número de citas ha ayudado a identificar trabajos fundamentales, como los estudios sobre el



Figura 4. Generada con la IA chatGPT.

CRISPR-Cas9, que revolucionaron la edición genética y han tenido un impacto significativo en la biología molecular y la genética.

## 2. Identificación de Tendencias Emergentes

- **Importancia:** En un campo tan dinámico como las ciencias biológicas, la identificación de tendencias emergentes es crucial para orientar la investigación hacia áreas de alto potencial.
- **Ejemplo:** La ciencia métrica ha permitido detectar el auge de la investigación en microbiomas, una área que ha ganado relevancia debido a su papel en la salud humana, la agricultura y el medio ambiente. Los análisis ciencia métricos han mostrado un aumento exponencial en las publicaciones sobre microbiomas en los últimos años, lo que ha impulsado más financiamiento y colaboración en esta área.

## 3. Fomento de la Colaboración Científica

- **Importancia:** La colaboración entre investigadores y centros de investigación es cla-

ve para abordar los complejos problemas biológicos que enfrenta el mundo, como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad.

- **Ejemplo:** Estudios ciencia métricos han identificado redes de colaboración internacional en la investigación sobre el cambio climático. Estos análisis han ayudado a mejorar la coordinación entre equipos de diferentes países, lo que ha llevado a avances significativos en la comprensión de los efectos del cambio climático en los ecosistemas.

## 4. Evaluación de Políticas Científicas

- **Importancia:** Los gobiernos y las agencias financiadoras necesitan información basada en datos para tomar decisiones sobre la asignación de recursos en la investigación biológica.
- **Ejemplo:** En México, por ejemplo, la ciencia métrica se ha utilizado para evaluar el impacto de las políticas de financiamiento en la investigación acuícola. Los resultados han influido en la asignación de recursos y han ayudado a mejorar la investigación en acuicultura sostenible.

## 5. Identificación de Gaps y Oportunidades de Investigación

- **Importancia:** La ciencia métrica ayuda a identificar áreas de la biología que están subestudiadas o que carecen de suficientes recursos, permitiendo a los investigadores y financiadores enfocar esfuerzos en esos vacíos.
- **Ejemplo:** Un análisis ciencia métrico de la investigación en biodiversidad ha revelado que ciertos ecosistemas, como las sabanas y los bosques secos tropicales, están subrepresentados en la literatura científica en

comparación con otros, como los bosques tropicales húmedos. Esta información ha impulsado nuevas iniciativas de investigación en esos ecosistemas menos estudiados.

#### 6. *Mejora de la Transparencia y Reproducibilidad*

- **Importancia:** La reproducibilidad es un desafío importante en las ciencias biológicas. La cienciometría puede ayudar a identificar estudios y áreas donde la reproducibilidad es un problema.
- **Ejemplo:** Análisis cuantitativos han destacado problemas de reproducibilidad en la investigación preclínica, lo que ha llevado a un mayor énfasis en la transparencia en la publicación de datos y métodos, así como en la replicación de estudios importantes en biología.

#### 7. *Promoción de la Investigación Aplicada*

- **Importancia:** Las ciencias biológicas no solo avanzan el conocimiento fundamental, sino que también tienen aplicaciones directas en la medicina, la agricultura, y la conservación.
- **Ejemplo:** La cienciometría ha sido utilizada para identificar los artículos más citados

en la biotecnología agrícola, destacando estudios que han llevado al desarrollo de cultivos genéticamente modificados que mejoran la seguridad alimentaria global.

La cienciometría juega un papel crucial en la gestión y el análisis de grandes masas de datos, la orientación y evaluación de la investigación en ciencias biológicas, facilitando avances y descubrimientos científicos significativos y asegurando que los recursos se dirijan a las áreas de mayor impacto.

## LITERATURA RELEVANTE

- Kant, I. (1998). *Crítica de la razón pura* (P. Ribas, Trad.). Alfaguara.
- Nalimov, V. V., y Mul'chenko, Z. M. (1969). *Naukometrija: izučenie razvitija nauki kak informacionnogo processa*. Nauka.
- Price, D. J. (1970). Citation measures of hard science, soft science, technology, and non-science. *Communication among scientists and engineers*, 1, 3-22.

# ¡Cuidado con lo que bebes!

## Analizando la calidad del agua en los bebederos del Centro Universitario de la Costa

Paola Elizeth Orozco Trinidad<sup>1</sup>, Alondra Julieta Quintana Pérez<sup>1</sup> y Sandra Quijas<sup>2</sup>

**RESUMEN:** En 2010, la Organización de las Naciones Unidas reconoció como un derecho humano el acceso al agua potable y su saneamiento. En 2022, México publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, que indica los límites permisibles para las características químicas y microbiológicas del agua para el consumo humano. En este estudio se evaluó la calidad del agua de los bebederos del Centro Universitario de la Costa, comparándola con el agua obtenida de lavamanos y garrafones de agua purificada. Para evaluar la calidad del agua, examinamos 13 características diferentes, incluyendo sustancias químicas y la presencia de la bacteria *Escherichia coli*. Utilizamos equipos especializados y un kit de prueba, recolectando muestras en distintos horarios del día. Además, se encuestó a estu-

diantes para conocer su percepción de la calidad del agua de los bebederos. Se encontraron diferencias entre sitios y horarios, y solo se cumplieron los límites permisibles para cobre, cloro, mercurio y dureza. El resto de los nueve parámetros evaluados no cumplieron con las normas establecidas. En general, los encuestados consumen el agua de los bebederos, pero la consideran de mala calidad. Los resultados resaltan la importancia de monitorear y garantizar los estándares de calidad del agua en instalaciones públicas como centros educativos, ya que el agua de consumo humano debe ser libre de químicos y contaminantes para prevenir enfermedades transmitidas por esta vía.

*Palabras clave:* contaminantes, potabilización, salud pública, inocuidad, percepción.

Recibido: 24/05/2024

Aceptado: 02/09/2024

Publicado: 05/09/2024

<sup>1</sup> Licenciatura en Biología, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> Laboratorio de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

## ¿DE DÓNDE VIENE EL AGUA QUE SE UTILIZA EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA?

El Sistema de los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado (SEAPAL) de Puerto Vallarta provee el suministro de este vital líquido a través del Pozo Radial. Este pozo, construido en 1998, se encuentra estratégicamente ubicado en la confluencia de los ríos Ameca y Mascota, siendo considerado uno de los mejores de su tipo a nivel nacional. Este cilindro vertical recoge agua subterránea a través de tubos horizontales perforados, aprovechando la filtración de agua superficial de los ríos. Su ubicación se eligió por las condiciones geológicas e hidrológicas favorables que ofrece el área. Actualmente, el Pozo Radial proporciona en promedio unos 200 litros de agua por segundo, y abastece, a través de la Planta Potabilizadora Mojoneras (Figura 1), a aproximadamente el 30% de la población de la ciudad, incluyendo al Centro Universitario de la Costa.



Figura 1. Foto de la planta potabilizadora Mojoneras, ubicada en la localidad Las Mojoneras, en el municipio de Puerto Vallarta, Jalisco. Imagen tomada de: <https://www.seapal.gob.mx/rehabilita-seapal-filtros-en-planta-potabilizadora-mojoneras/>

## IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO DE LAS TUBERÍAS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA QUE SE USA PARA BEBER

El agua potable es un recurso vital para la humanidad, es aquella que puede ser consumida de manera segura y que satisface las necesidades básicas de los seres humanos. Sin embargo, la calidad del agua puede ser comprometida cuando su composición se ve alterada por la presencia de microorganismos, sustancias químicas u otros contaminantes. Estos elementos pueden representar un riesgo significativo para la salud, convirtiendo al agua en una amenaza en lugar de un recurso vital. Por esta razón, asegurar la potabilidad del agua se vuelve una prioridad fundamental. Uno de los aspectos principales para asegurar la calidad del agua es el mantenimiento adecuado de las tuberías a través de las cuales se distribuye. El mantenimiento regular de las tuberías no solo garantiza un suministro continuo de agua potable, sino que también previene la posibilidad de que las tuberías se deterioren, rompan o incluso exploten. Estas eventualidades no solo representan un riesgo para la salud pública, sino que también resultan costosas de reparar y reemplazar. Es importante destacar que el mantenimiento preventivo de las tuberías no solo beneficia a la salud y seguridad de los consumidores, sino que también tiene un impacto económico positivo a largo plazo. Al prevenir problemas mayores, se evitan gastos innecesarios que surgirían de situaciones de emergencia.

La revisión de la calidad del agua en los bebederos del Centro Universitario de la Costa es evidente por la necesidad de asegu-

rar un suministro seguro y saludable para la comunidad universitaria. En este artículo se aborda la importancia vital de garantizar que el agua cumpla con los estándares sanitarios, promoviendo así la salud y el bienestar de estudiantes y personal bajo las normativas vigentes expedidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 «Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua» que establece los límites aceptables de calidad y tratamientos de potabilización del agua para su uso y consumo humano, que deben cumplirse en los sistemas de abastecimiento privados y públicos en todo el territorio mexicano.

## ¿CÓMO EVALUAMOS LA CALIDAD DEL AGUA?

La curiosidad por saber sobre la calidad del agua en las instalaciones del Centro Universitario de la Costa nos llevó a elaborar un estudio al respecto. Como parte del estudio, localizamos todos los bebederos dentro del Centro Universitario y probamos su funcionalidad abriendo las llaves, y descubrimos que solo ocho de los nueve bebederos están en funcionamiento (Figura 2).

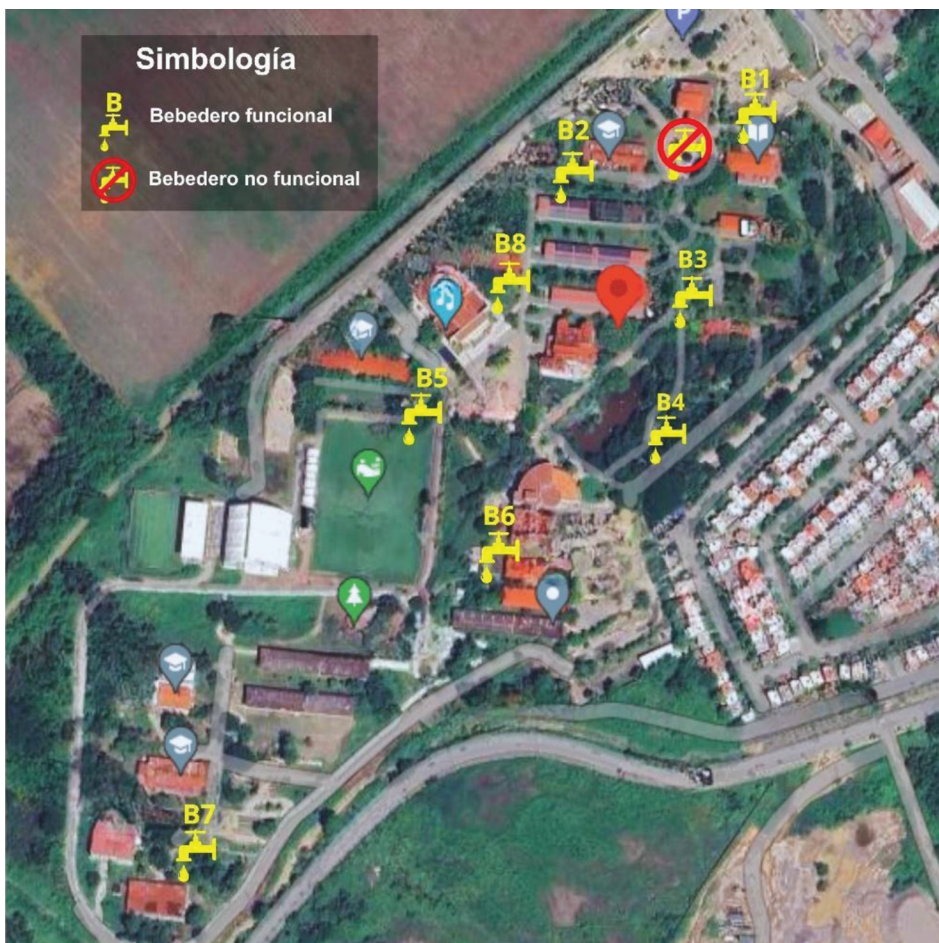


Figura 2. Ubicación de los bebederos del Centro Universitario de la Costa. Elaboración propia.

## ¿TODOS LOS BEBEDEROS SON IGUALES?

En el Centro Universitario se encuentran dos tipos de bebederos, unos de material metálico que son el B3, B4 y el bebedero que no funciona, lo cuales fueron instalados en el año 2000, estos no cuentan con techo y sólo tienen una boquilla para beber; y también se encuentran los bebederos que están cubiertos con azulejo blanco, los cuales fueron instalados por SEAPAL en el año 2016, estos son la mayoría de los que están distribuidos en el Centro Universitario, además, cuentan con techo, piso de azulejo, 2 boquillas separadas para beber y una llave donde los alumnos hacen uso del agua potable (Figura 3.)

Para evaluar la calidad del agua, se tomaron muestras del agua de los ocho bebederos en dos horarios, a las 8:00 a. m. y 2:00 p. m., debido a que algunos bebederos se encuentran expuestos al sol; también se tomó una muestra de agua de un lavamanos y una muestra de

un garrafón que contiene agua purificada, para éstas dos últimas muestras sólo se tomaron en un solo horario. El procedimiento se repitió dos veces, obteniendo 54 muestras en total.

Las muestras colectadas en frascos estériles de 100 ml fueron usadas para sumergir una tira reactiva del kit de prueba de agua potable / calidad del agua para determinar los valores de nitrito, nitrato, plomo, hierro, cobre, mercurio, bromo, cloro, flúor, cromo, sulfito y dureza mediante una lectura de color. Las tiras reactivas indican tres niveles de concentración de acuerdo con la coloración que se marque: bajo, bien y alto. Mientras que los valores de pH, sólidos totales disueltos (TDS, comprenden todos los minerales, metales y sales que se encuentran disueltos en el agua) y temperatura fueron determinados con medidores comerciales (Figura 4).

Para detectar la presencia de la bacteria *Escherichia coli*, una tercera muestra de agua se colectó en bolsas estériles del lavamanos y cada bebedero, las cuales se procesaron en el

Instalados en el 2000



Instalados en el 2016



Figura 3. Tipos de bebederos distribuidos en el Centro Universitario de la Costa. Elaboración propia.



Figura 4. Obtención de la muestra de agua para determinar los parámetros físico-químicos. Elaboración propia.

laboratorio. Una gota de agua de cada muestra se colocó en Placas Petrifilm y se mantuvieron en una estufa de incubación por 48 horas a 36°C (Figura 5).

### ¿QUÉ RESULTADOS OBTUVIMOS?

Descubrimos que el agua de los bebederos no cumple con todos los estándares de calidad requeridos por la normativa oficial mexicana. En comparación, el agua del lavamanos y de los garrafones de agua purificada cumplió con la mayoría de los parámetros de calidad. Esto indica que la calidad del agua en los bebederos necesita mejorar. Por otro lado, solo dos bebederos (3 y 5) cumplen con la mitad de los

parámetros marcados por la Norma Oficial Mexicana y sugeridos por el kit. Entre bebederos, se presentaron diferencias en temperatura, pH, TDS y fluoruro. Esto quiere decir que hay variaciones en la calidad de agua de cada bebedero. Es importante destacar que no se detectó la presencia de la bacteria *Escherichia coli* en ninguna muestra de agua. La calidad de agua de los bebederos del Centro Universitario de la Costa no cumple con los límites permisibles debido a los altos niveles de plomo, hierro, cromo, bromo, sulfito, nitratos, nitritos y fluoruros; siendo estos los parámetros que comprometen en mayor medida la salud de la comunidad universitaria (Figura 6).



Figura 5. Procesamiento de las muestras de agua para detectar la presencia de la bacteria *Escherichia coli*. Elaboración propia.

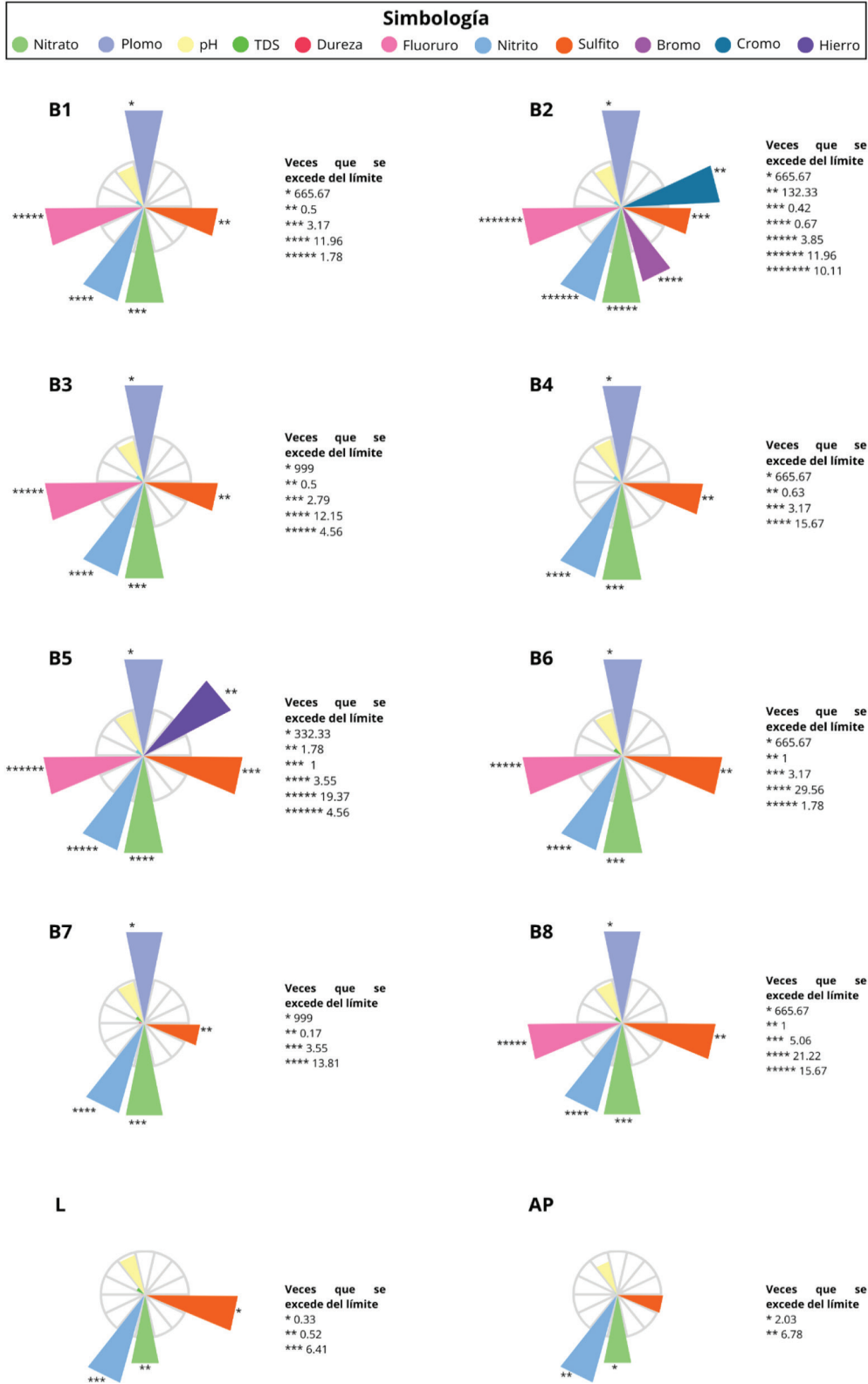


Figura 6. Representación gráfica de los parámetros excedidos en la calidad de agua de los bebederos, el círculo gris representa el límite establecido para cada parámetro. Elaboración propia.

## PERO ¿CÓMO AFECTA A LA SALUD DE LAS PERSONAS QUE NO SE CUMPLA EL ESTÁNDAR DE CALIDAD DEL AGUA QUE SE CONSUME?

Cada parámetro puede afectar de diferente manera: altos niveles de **plomo** pueden ocasionar daño al cerebro y sistema nervioso de forma permanente; el exceso de **hierro** puede causar náuseas, dolor abdominal o estomacal, vómito y diarrea; la ingesta excesiva de **chromo** produce anemia y daña el estómago e intestinos; el exceso de **sulfito** puede agudizar los síntomas de asma; el **bromo** es muy tóxico, en exceso es irritante y corrosivo; el **nitrate** y **nitrite** reducen la capacidad de los glóbulos rojos de transportar oxígeno; consumir **fluoruro** de manera prolongada y en altas cantidades puede causar fluorosis del esqueleto, la cual aumenta la densidad de los huesos, lo que aumenta su probabilidad de quebrarse, genera dolor en las articulaciones y limita el movimiento, además puede generar rigidez total en la columna vertebral; incluso la ingesta de grandes cantidades de fluoruro puede generar dolor estomacal, vómito y diarrea; la **dureza** en el agua no genera problemas graves en la salud de las personas, sin embargo, contribuye a la resequedad de la piel y el cabello, además es posible que, en exceso y de forma prolongada, se pueda relacionar con padecimientos cardiacos; los valores extremos de **pH** pueden irritar las mucosas y órganos internos, incluso producir úlceras; y cuando la bacteria coliforme fecal *Escherichia coli* es ingerida en agua contaminada su principal sitio de infección es el tracto digestivo generando síntomas como náuseas, vómito, diarrea y fiebre, pudiéndose

diseminar la infección a la sangre, el hígado y el sistema nervioso.

## ¿CUÁNTO SE GASTA EN AGUA EMBOTELLADA DENTRO DEL CENTRO UNIVERSITARIO?

Como parte de la comunidad estudiantil del Centro Universitario, es común observar la compra de agua embotellada en los distintos establecimientos comerciales. Ante la evidente falta de uso de los bebederos por parte de estudiantes, académicos y personal administrativo, nos dimos a la tarea de investigar cuánto gasta la población universitaria en agua embotellada.

Las seis tiendas que se encuentran dentro del Centro Universitario venden mensualmente, un aproximado de 12,000 botellas con agua de un litro, con un precio promedio de \$18 pesos. Esto significa que la comunidad universitaria gasta un aproximado de \$216,000 pesos al mes. Si tenemos en cuenta que sólo hay 8 meses de clases durante el año, la comunidad universitaria gasta \$1,728,000 pesos en la compra de 96,000 botellas de agua durante el periodo de clases. Esta cantidad de botellas representa un consumo excesivo de plásticos, por lo que el uso de bebederos no solamente puede disminuir la cantidad de plásticos, sino que puede ayudar a la economía de los estudiantes, al ahorrar el dinero que gastan en comprar constantemente botellas de agua. Esto se podría lograr fomentando la cultura del agua y promoviendo el uso de bebederos, ya sea tomando agua directamente de las boquillas o rellenando botellas reutilizables.

Por otro lado, las oficinas y laboratorios del Centro Universitario consumen semanal-

mente entre 100 a 120 garrafones de agua purificada, con precio de \$34 pesos por garrafón. Esto quiere decir que el Centro Universitario destina de su presupuesto entre \$108,800 a \$130,560 pesos al año para comprar agua. Siendo cautelosos, lo que gasta la comunidad universitaria en agua embotellada y purificada en un año escolar (8 meses de clases) es entre \$1,836,800 a \$1,858,560 pesos.

Y tú dirás ¿Qué implicaciones tiene esto? La respuesta es que la compra constante de garrafones de agua implica un gasto recurrente para la universidad, lo cual podría ser evitado si se utilizan los bebederos y se promueve el uso de botellas reutilizables.

## ¿CÓMO SE PODRÍA SOLUCIONAR ESTE PROBLEMA?

Para aprovechar los beneficios de los bebederos y lograr una mayor coherencia en términos de sostenibilidad, sería recomendable que la universidad reemplace gradualmente la compra de garrafones de agua por el uso de los bebederos y promueva el uso de botellas reutilizables entre los estudiantes y el personal. Los bebederos ofrecen una forma más práctica y

cómoda de beber agua para los estudiantes, ya que evitan la necesidad de cargar y reemplazar constantemente los garrafones. Además, la producción y transporte de garrafones de agua generan emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyen al calentamiento global. Así mismo, los garrafones vacíos representan un desperdicio de recursos y un problema de gestión de residuos.

## ALGUNOS LLAMADOS DE LOS ALUMNOS A DEJAR LAS BOTELLAS DE PLÁSTICO

Algunos alumnos, preocupados por el excesivo consumo de plástico, han colocado diversos carteles en diferentes partes del Centro Universitario con la finalidad de crear conciencia en la comunidad universitaria y reducir los plásticos que se utilizan (Figura 7).

Es importante mencionar que, si la universidad promueve iniciativas ambientales y de sostenibilidad, la compra de garrafones de agua podría percibirse como una contradicción y generar críticas por parte de la comunidad estudiantil y otros grupos interesados.



Figura 7. Fotografías de carteles que se encuentran en diferentes lugares del Centro Universitario. Elaboración propia.

## PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS BEBEDEROS

Con el fin de conocer la opinión de los estudiantes del Centro Universitario sobre los bebederos y la calidad de agua que ofrece, se entrevistaron a 20 estudiantes, tanto hombres como mujeres, de los cuales 10 se encontraban tomando agua en los bebederos y 10 lejos de los bebederos, pero dentro del Centro Universitario (Figura 8).



Figura 8. Estudiantes del Centro Universitario encuestados para conocer la percepción sobre la calidad de agua de los bebederos. Elaboración propia.

La encuesta mostró que el 95% de los estudiantes desconocen cuándo se instalaron los bebederos dentro del Centro Universitario (Figura 9). Solo tres personas encuestadas consideran que el agua de los bebederos tiene la calidad para beberse. Al 75% de los encuestados que toman agua de los bebederos se les preguntó con qué frecuencia lo hacen y, aunque la mayoría de encuestados casi nunca usa los bebederos, aproximadamente el 20% toma agua una vez a la semana.



Figura 9. Percepción de los estudiantes del Centro Universitario sobre la calidad de agua de los bebederos. Elaboración propia.

## ¿EXISTEN EVALUACIONES DE CALIDAD DE AGUA EN OTROS CENTROS UNIVERSITARIOS Y PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA?

A la fecha, solo se encontraron reportes de calidad de agua para el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA). En julio de 1996, una evaluación de riesgos y la calidad del agua encontró plomo y la presencia de organismos coliformes totales y fecales, con valores que excedían la Norma Oficial Mexicana. En 1998 y 1999, otra evaluación sobre la calidad del agua para identificar riesgos a la salud reportó una calidad deficiente del agua y no apta para consumo humano, debido a la presencia de organismos coliformes totales y fecales, así como de *Salmonella* spp, lo cual ponía en riesgo la salud de la comunidad universitaria. En el 2018, se realizó una evaluación de la calidad físicoquímica y bacteriológica del agua, en el estudio reportaron que los bebederos presentaron una carga bacteriológica elevada.

### CONCLUSIÓN

Es fundamental que el Centro Universitario de la Costa implemente un programa de monitoreo para evaluar la calidad del agua en los bebederos, asegurándose que se cumplen los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, con la finalidad de garantizar el abastecimiento de agua potable segura para la comunidad universitaria. Algunos de los bebederos analizados mostraron deficiencias en cuanto a parámetros físicoquímicos, lo que representa un riesgo potencial

para la salud de quienes los utilizan frecuentemente. La percepción de insatisfacción de los estudiantes encuestados hacia el agua de los bebederos es un indicador de la necesidad de mejorar su calidad y dar mayor transparencia sobre su mantenimiento.

### RECOMENDACIONES

- Establecer un plan de sustitución gradual de los bebederos más antiguos por nuevos modelos que cumplan con estándares más altos de higiene y diseño.
- Difundir ampliamente los resultados de estudios de pasadas y futuras evaluaciones para generar conciencia en la comunidad sobre la importancia del agua potable y los riesgos por falta de mantenimiento adecuado.
- Analizar las implicaciones económicas y presupuestarias que conlleva garantizar un suministro continuo de agua segura en el Centro Universitario, sopesando los costos contra los beneficios en salud pública.
- Comparar los hallazgos con otros Centros Universitarios Temáticos y Regionales de la Universidad de Guadalajara, para plantear protocolos y acciones coordinadas a nivel institucional para elevar la calidad del agua en toda la Red Universitaria de Jalisco.

### AGRADECIMIENTOS

Al Biólogo Omar Alejandro Peña Almaraz por su aportación en la primera sección del proyecto y sus valiosos comentarios para el abordaje del tema del agua. Al M. en C. Martín Alonso Aréchiga Palomera por orientarnos en la planeación y ejecución del proyecto sobre

la evaluación de parámetros fisicoquímicos del agua. A nuestro compañero y estudiante de la licenciatura en Biología, Jesús Alejandro Galarza Reyes, por ayudarnos en la elaboración del proyecto de evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

## LITERATURA RELEVANTE

- Arbona. J. (2021, 14 de abril). Importancia del mantenimiento de las tuberías. El Blog de Energía. <https://elblogenergia.com/importancia-mantenimiento-tuberias>
- García-Velasco, J., Villaseñor-Vargas, T., Casas-Solís, J. y Rosas-Ramírez, A. (2019). Calidad del agua de distribución en un Centro Universitario rural sin procesos de desinfección de la Universidad de Guadalajara, México. *Revista del Desarrollo Urbano Sustentable*, 5(14), 12-20.
- López-Illan, Y. (2001). *Evaluación de la calidad del agua e identificación de riesgos en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara.
- Secretaría de Salud. (2022). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5639050&fecha=01/03/2022](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639050&fecha=01/03/2022)

# Espectros del Pasado: retratos de una niña leyenda de El Triunfo, Baja California Sur

María Fernanda Vega Romero

**RESUMEN:** El ser humano, desde tiempos antiguos, ha buscado capturar la esencia de su realidad mediante diversas formas de expresión visual, desde la pintura hasta la fotografía, que ha permitido inmortalizar momentos y personajes a lo largo de los siglos. En este estudio, se busca traer al presente a los protagonistas de una leyenda en particular, proveniente del pueblo de El Triunfo, en Baja California Sur, un lugar envuelto en misterio y cargado de historia.

*Palabras clave:* historia, sobrenatural, fotografía, pueblo minero, desierto.

## EL TRIUNFO: UN REFLEJO DEL PASADO MINERO DE BAJA CALIFORNIA SUR

El Triunfo es un pequeño pueblo minero ubicado a unos 45 kilómetros de la ciudad de La

Paz, en Baja California Sur. Fundado en el siglo XIX, el pueblo vivió un breve periodo de esplendor gracias a la extracción de metales preciosos, principalmente plata, que atrajo a empresarios y trabajadores de distintos rincones del mundo. Sin embargo, la bonanza minera no duró mucho, y cuando las minas se agotaron y cerraron en la década de 1920, el pueblo fue quedando en el olvido. Hoy, El Triunfo conserva sus vestigios, como las chimeneas de las antiguas plantas mineras, y es el hogar de leyendas que se han transmitido de generación en generación.

Entre las leyendas más enigmáticas de El Triunfo se encuentra la historia de Winter Yrenea, una niña vidente que, desde su nacimiento, fue objeto de controversia debido a sus extraordinarias habilidades y su apariencia física inusual.

Recibido: 03/05/2024

Aceptado: 01/10/2024

Publicado: 03/10/2024

Fotógrafa independiente, egresada del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (CUAAD) de la Universidad de Guadalajara.



Figura 1. Chimenea para el beneficio del mineral en el poblado de El Triunfo, B.CS.

Fotografía: María Fernanda Vega Romero.

## LA HISTORIA DE WINTER YRENEA: LA NIÑA VIDENTE DE EL TRIUNFO

Winter Yrenea nació en 1934, en el seno de una familia de El Triunfo, de padres con características físicas comunes en la región, piel morena y cabello oscuro. Sin embargo, Winter sorprendió a todos por su apariencia completamente diferente: piel clara, ojos verdes y cabello rubio, rasgos que la distinguieron y alimentaron los rumores de que la niña no era común. Desde muy pequeña, Winter

Yrenea mostró habilidades extraordinarias. A la temprana edad de tres años, ya sabía leer y escribir, y era capaz de tocar el violín con gran destreza, lo que provocó una creciente incomodidad entre los habitantes del pueblo. Estos talentos inusuales, sumados a su aspecto físico, despertaron desconfianza y temor entre sus vecinos, quienes comenzaron a creer que la niña estaba relacionada con fuerzas sobrenaturales. El momento más crucial en la vida de Winter ocurrió en la iglesia del pueblo, cuando, durante una misa, la niña se levantó aterrada y advirtió que el techo de la iglesia se desplomaría. Pocos segundos después, el techo cayó, y el incidente resultó en la muerte de veinte personas. La familia de Winter se salvó gracias a su advertencia, pero este evento marcó un punto de no retorno para la pequeña y su familia. El pueblo, que hasta entonces solo murmuraba sobre sus habilidades, comenzó a culparla abiertamente por la tragedia. A partir de este momento, la vida de Winter y su familia cambió drásticamente. Los pobladores, temerosos de sus dones, comenzaron a acosar a



Figura 3. Capilla de Nuestra Señora de Guadalupe en el poblado de El Triunfo, B.CS.

Fotografía: María Fernanda Vega Romero.



**Figura 2.** Modelo Jennifer Aislinn Mendoza Macklis, personaje Winter Yrenea Ojeda Rouyer, fotografía tomada en el poblado «El Triunfo».

Canon EOS REBEL T31

EF50mm f/1.8 II

F/2.5

Velocidad: 1/640

50mm

ISO: 200

Edición Photoshop Lightroom 4.4

Formato 11x14" mate

la familia, lanzando piedras a su casa y acusándolos de estar en contacto con el demonio. A pesar de los intentos del sacerdote del pueblo por calmar a la multitud y recordar que Winter

era una niña bautizada, los rumores y el odio continuaron creciendo. El clímax de la persecución llegó cuando un grupo de aldeanos, liderado por una mujer llamada doña Engracia, intentó incendiar la casa de la familia de Winter, acusando a la niña de ser la causa de las desgracias del pueblo. Aunque algunos miembros de la familia lograron escapar, la tragedia marcó para siempre la vida de los hermanos sobrevivientes y de Winter, quien siguió siendo vista como una figura maldita en el pueblo.

### ¿MITO O LEYENDA?

La distinción genérica entre mito y leyenda «es a veces tan difícil que solo con sutiles razones puede hacerse una acertada selección y entonces, hasta los propios técnicos de la tradición popular tienden a presentarlos con títulos complejos como “mitos y leyendas” o bien “legendes” y “cuentos”». Un mito y una leyenda pueden compartir idénticos tema y forma y la diferenciación entre ambos responde en ciertos casos a criterios puramente subjetivos. Sin embargo, la Real Academia Española (RAE), en su Diccionario de la Lengua Española, sí hace obvias las diferencias entre ambos términos.

### Mito

Del gr. μῦθος mýthos.

1. m. Narración maravillosa situada fuera del tiempo histórico y protagonizada por personajes de carácter divino o heroico.
2. m. Historia ficticia o personaje literario o artístico que encarna algún aspecto universal de la condición humana.

Mientras que para el término leyenda menciona lo siguiente:

## Leyenda

Del lat. *legenda* ‘lo que ha de ser leído’, n. pl. del gerundivo de *legere* ‘leer’.

1. f. Narración de sucesos fantásticos que se transmite por tradición. Una leyenda sobre el origen del mundo.
2. f. Relato basado en un hecho o un personaje reales, deformado o magnificado por la fantasía o la admiración.

Basados en lo anterior se puede concluir que el mito involucra en su narración a seres y eventos de carácter divino-heroico, mientras que la leyenda se refiere a sucesos reales cotidianos o históricos, pero con un giro fantástico. «La génesis de las leyendas es, en la mayoría de los casos, la búsqueda de una explicación a través de un relato de un suceso o acontecimiento de forma no racional o científica. En su estructura, es frecuente la combinación de elementos reales y falsos, pero en lo general, la leyenda no aborda un solo tema, sino varios a la vez, en yuxtaposición».

La transformación de Winter Yrenea de una niña real en una leyenda fue un proceso inevitable, alimentado por el miedo y la necesidad de los habitantes de encontrar una explicación para lo incomprensible. Su figura, tan diferente y dotada de habilidades misteriosas, encajaba perfectamente en el molde de los personajes que, con el tiempo, se convierten en símbolos de advertencia o temor. Conforme pasaron los años, los detalles de su historia comenzaron a mezclarse con elementos fantásticos. Algunos decían que Winter tenía la capacidad de ver el futuro, otros afirmaban que su presencia traía infortunios, y había quienes aseguraban haberla visto levitar en momentos de gran angustia. Cada relato, cada

testimonio, fue añadiendo nuevas capas a la figura de la niña vidente, consolidando su lugar en el panteón de las leyendas locales.

## LA IMAGEN DE LA NIÑA VIDENTE: UNA REPRESENTACIÓN FOTOGRAFICA

Para las artes visuales se podría tomar el concepto de retrato que asienta «Los retratos representan los rasgos externos de un individuo único mostrándolo en su comportamiento, vestido y conducta». A finales del siglo XIX, «El retrato constituía una satisfacción personal porque se proyectaba al mundo exterior en una pose elegante y refinada y era una tarjeta



Figura 4. Modelo Jennifer Aislinn Mendoza Macklis, personaje Winter Yrenea Ojeda Rouyer, fotografía tomada en el poblado «El Triunfo».

Canon EOS REBEL T31

EF50mm f/1.8 II

F/2.5

Velocidad: 1/400

50mm

ISO: 200

Edición Photoshop Lightroom 4.4

Formato 16x20" mate



**Figura 5.** Modelo Jennifer Aislinn Mendoza Macklis, personaje Winter Yrenea Ojeda Rouyer, fotografía tomada en el poblado «El Triunfo».

Canon EOS REBEL T31

EF50mm f/1.8 II

F/2.5

Velocidad: 1/200

50mm

ISO: 200

Edición Photoshop Lightroom 4.4

Formato 11x14" mate

de presentación visual. Además, pocos podían fotografiarse lo que se consideraba un privilegio y lucimiento personal frente a familiares y amigos».

Este estudio fotográfico busca capturar la esencia de Winter Yrenea y el contexto en el que vivió. A través de retratos que representan a la niña en su entorno, se intenta reflejar no solo su apariencia, sino también la angustia, el miedo y la incompreensión que la rodearon durante su corta vida. Las fotografías se han creado inspiradas en técnicas visuales que evocan el pasado, utilizando el blanco y negro con un toque sepia para recrear la atmósfera de la época. Este tratamiento estético no solo remite a las imágenes antiguas, sino que tam-

bién añade una carga dramática, conectando al espectador con la sensación de opresión y misterio que envolvía la vida de Winter.

## EL PODER DE LAS LEYENDAS EN LA MEMORIA COLECTIVA

El caso de Winter Yrenea es un claro ejemplo de cómo las leyendas pueden trascender la historia y convertirse en parte del imaginario colectivo de una comunidad. A lo largo de los años, las narraciones sobre la niña vidente han sido reinterpretadas y adornadas, creando una figura que, aunque trágica, sigue despertando fascinación. Este estudio no solo intenta preservar la historia de Winter, sino también hacer un homenaje a esas voces anónimas que, a través de la tradición oral, han mantenido viva la memoria de El Triunfo y sus leyendas. Al recrear visualmente a estos personajes, se busca invitar al espectador a reflexionar sobre el poder de las historias para dar sentido a las experiencias de un pueblo y sobre cómo estos relatos continúan impactando en la cultura local.

## CONCLUSIÓN

La historia de Winter Yrenea es, sin duda, una de las más impactantes del imaginario de El Triunfo. Su vida, marcada por dones incomprendidos y el rechazo de su comunidad, representa el conflicto entre lo sobrenatural y la vida cotidiana en un pequeño pueblo rural. A través de la fotografía, es posible capturar no solo los rostros de aquellos que vivieron estos eventos, sino también el espíritu de un lugar cargado de historia y misterio. El Triunfo, con su mezcla de lo tangible y lo etéreo, sigue siendo un lugar donde las leyendas se entrelazan

con la realidad, ofreciendo una ventana al pasado y recordándonos que, aunque el tiempo avance, las historias que nos cuentan nuestros ancestros permanecen vivas en la memoria colectiva.

## LITERATURA RELEVANTE

- Flores del Manzano, F. (2000). La leyendística en la tradición oral extremeña. *Revista de estudios extremeños*, (56), 853-916.
- Morote Magán, P. (2006). Las leyendas y su valor didáctico. XL Congreso 400 años de Don Quijote: pasado y perspectivas de futuro. Valladolid, España.
- Pacheco Romero, O. (2002). Retrato al daguerrotipo y retrato fotográfico. *Comunicación*, año 2, (3), 38-45.
- Roswell, A. (2007). *Saber ver. El retrato fotográfico*. Barcelona, España: Ediciones Omega.
- Valle Hamburgo, G. (2015). *La niña vidente de El Triunfo*. México: Editorial Verónica, Hamburgo.
- Valenzuela-Valdivieso, E. (2011). La leyenda: un recurso para el estudio y la enseñanza de la Geografía. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria*, (10), 7-14.

# ¿Qué opina ChatGPT y Gemini (IA) sobre la acuicultura en México?: retos y oportunidades

César Antonio Sepúlveda-Quiroz<sup>1,2\*</sup>, Carlos Alfonso Álvarez-González<sup>2</sup>,  
Rafael Martínez-García<sup>2</sup>, Graciela María Pérez-Jiménez<sup>2</sup>,  
Gloria Gertrudys Asencio-Alcudia<sup>1</sup>, Yael José Trajo-Sánchez<sup>1</sup>,  
Uriel Estrada Rodríguez<sup>1,3</sup>, Francisco López Villarreal<sup>1</sup> y  
Leticia López Valdivieso<sup>1</sup>

**RESUMEN:** La acuicultura es la actividad por la cual se provee de diversos recursos y subproductos acuáticos, principalmente como fuente de alimento. A nivel mundial, la acuicultura ha experimentado avances significativos en diversas áreas, lo que ha permitido que su producción este por arriba de la pesca tradicional. Este crecimiento plantea varias oportunidades y retos que se deben de prever. Los cambios en las regulaciones y normativas a nivel global, así como el avance en las tecnologías como la inteligencia artificial, la optimización de procesos, desarrollo en la nutrición y el incremento en la investigación ha permitido que los organismos crezcan más rápido y aumente la supervivencia, haciéndola una actividad altamente rentable. Por otro lado, se ha reducido la incertidumbre al riesgo debido a la tecnificación de procesos, mejoramiento en la sanidad y bie-

nessar animal. En México, esta actividad económica es de gran importancia, sin embargo, se debe de considerar si realmente se dimensiona los cambios que se aproximan debido al cambio global, teniendo en cuenta las vías de acción para mejorar las condiciones sociales, económicas y del medio ambiente. En este contexto, el uso de inteligencias artificiales puede ser clave para decidir puntos claves ante la inmensa información existente.

*Palabras clave:* inteligencia artificial, manejo de la información, innovación, sustentabilidad, bienestar animal.

## INTRODUCCIÓN

La producción acuícola de México se calcula en aproximadamente 250,000 toneladas por año, siendo el cultivo de tilapia y camarón los

Recibido: 13/09/2024

Aceptado: 01/10/2024

Publicado: 03/10/2024

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa.

<sup>2</sup> Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos (LAFIRA), División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - IxM.

\* Autor de correspondencia: casq15@gmail.com

más importantes. A nivel mundial estas cifras representan alrededor del 0.25% de la producción mundial acuícola, ocupando México el cuarto lugar en Latinoamérica, lo cual lo hace un país con alto potencial a escalar su producción. Los países que encabezan la lista de mayores productores son China, India, Indonesia, Vietnam y Bangladesh. Este avance se basa entre muchas cosas al uso de tecnologías que hacen más eficientes en tiempo, costo y calidad el cultivo de organismos acuáticos.

En ese sentido, la investigación científica, así como la innovación juega un papel clave en la acuicultura como en muchas otras industrias. Por ejemplo, la utilización de sistemas de monitoreo de la calidad del agua relacionándolo con el análisis del comportamiento de los peces ha permitido conocer conductas que ayudan a hacer más eficientes en la alimentación de los organismos. Por otro lado, mediante el monitoreo en tiempo real usando sistemas computacionales y análisis del comportamiento (inteligencia artificial o aprendizaje autónomo «machine learning»), se ha detectado cambios en la calidad del agua, informando de algún problema en el sistema y previniendo afectaciones considerables, logrando con ello tener un control en todo momento del cultivo. Por otro lado, el cuidado del agua, así como su uso eficiente por medio de sistemas complejos de recirculación han permitido disminuir el desperdicio del agua en la acuicultura.

Como se observa, el avance en diversas áreas de la acuicultura ha permitido que las estadísticas globales aumenten año tras año, sin embargo, hay otras áreas que por la poca investigación o innovación han presentado un avance menor. En este sentido, plantear una línea de acción para atender las necesidades

del sector en México es muy importante, sin embargo, la alta cantidad de información que existe y la dificultad por analizarla de manera eficaz puede sesgar la toma de decisiones. En este sentido, herramientas como la inteligencia artificial puede ser útil para encontrar oportunidades y a su vez priorizar rutas de acción específicas para lograr mayores y mejores resultados en un corto tiempo. El presente trabajo tiene como objetivo informar las diversas áreas de oportunidad que se están presentado en nuestro país, así como también las áreas donde se debe de poner atención, todo ello para mejorar las expectativas de la acuicultura en México, esto por medio de tendencias y puntos claves generados por inteligencia artificial.

## OPORTUNIDADES

La tendencia mundial indica que la acuicultura presentara un crecimiento importante en los próximos años, generando oportunidades que deben de ser aprovechadas. En ese sentido, en este trabajo se cuestionó a dos inteligencias artificiales (IA) (Gemini® y ChatGPT®) sobre ¿Cuáles serán las áreas de la acuicultura con más crecimiento en los próximos 10 años?, indicando las áreas de oportunidad. Los resultados de ambas IA son similares indicando que áreas como «adopción de tecnologías», «acuicultura multitrofica», «cuidado de agua», «genética y biotecnología» y «alimentación acuícola sostenible» serán las de mayor crecimiento, dando las condiciones para generar diversas oportunidades de desarrollo e innovación. En ese sentido, recientes trabajos abordan estos temas, por ejemplo, la aplicación de tecnología usada en otras in-

dustrias y llevada a la acuicultura o a su vez el desarrollo de tecnología propia es cada vez más utilizado. La implementación de tecnología permite un mejor control, optimización de procesos, rentabilidad de la actividad, así como un mejoramiento en el bienestar de los organismos.

El recurso más valioso en la acuicultura es el agua, ya que es indispensable para realizar la actividad, en ese sentido, los sistemas antiguos de producción comprometían grandes cantidades de agua, desechando a diario volúmenes considerables que actualmente no serían éticos. Una estrategia para el reusó del agua en la acuicultura es la implementación de sistemas acuapónicos, el cual utiliza el agua con nutrientes proveniente de los estanques de cultivo y riegan diversas hortalizas o plantas, funcionando como un sistema que filtra y depura el agua, disminuyendo significativamente la carga de materia orgánica en el agua, con ello se puede reutilizar el agua en determinadas ocasiones. Lo anterior también se relaciona con la implementación de sistemas multitróficos, lo que significa que en un mismo estanque se puedan cultivar diversas especies de organismos acuáticos, sin comprometer el bienestar animal. Esta actividad es favorable ya que se optimiza el uso del agua, espacio, energía y personal y a su vez, se genera una rentabilidad económica, sin embargo, es necesario más estudios sobre su implementación con especies en México. Por otro lado, el desarrollo en la genética y biotecnología en la acuicultura ha permitido avances significativos en el control de enfermedades, rentabilidad y el mejoramiento del bienestar de los organismos.

El desarrollo y la investigación de la nutrición acuícola ha permitido ser más especí-

ficos en los requerimientos de cada especie a cultivar. La implementación de alimentos funcionales en la acuicultura es una rama con mayor producción de trabajos científicos, se ha demostrado que el uso de probióticos y/o prebióticos generan un efecto benéfico en los organismos acuáticos mejorando considerablemente su crecimiento, mejorando el sistema inmune haciéndolos más resistentes a enfermedades directamente relacionado a un aumento en su supervivencia, lo que se traduce en un beneficio económico. El uso de extractos vegetales proporcionados en ciertas cantidades puede generar efectos benéficos en la salud de los peces, lo que es de mucha utilidad para evitar el gasto en el suministro de antibióticos. Otro panorama que se debe de observar es que los insumos para la elaboración de alimentos para organismos acuáticos han experimentado un alza en los precios, lo que condiciona la rentabilidad de la actividad. Sin embargo, se han buscado el uso de ingredientes locales de buena calidad para reducir el costo de la alimentación. También se han experimentado con insumos o subproductos agroindustriales con los mismos efectos. Con lo anterior, se presenta una gran oportunidad para evaluar científicamente si algún producto de la región puede ser considerado viable para ser utilizado como ingrediente en los alimentos formulados para la acuicultura, aunado a la gran cantidad de diversidad de productos y subproductos agroindustriales que cuenta México.

## RETOS

De igual manera, la respuesta de ambas IA a la pregunta ¿Cuáles serán las áreas con mayor probabilidad de presentar problemas en

la acuicultura? coinciden en sus respuestas: «impacto ambiental», «sanidad», «bienestar animal» y «conflictos sociales». En ese sentido, por el crecimiento de la actividad acuícola a nivel mundial, se debe de puntualizar claramente los cuidados ambientales para evitar a toda costa el deterioro de este. Hay una urgencia de generar políticas públicas con relación a ello, enfatizando los lineamientos y normativas para un buen desarrollo de la actividad. Así mismo, la acción en conjunta con diversos países para lograr una producción regional. Además, un correcto balance entre diversos factores como la delimitación de zonas productivas, capacidad de carga, estudios de riesgos, cuidado de los ecosistemas, la gobernanza y la planificación de la acuicultura, son algunos puntos claves para desarrollar una acuicultura sostenible.

El bienestar animal es un factor que otros países ya están considerando para exigir a las industrias y gobiernos buenas prácticas productivas, fomentando el cuidado de los organismos lo que en ocasiones se puede traducir en efectos en la rentabilidad. Las principales variables que se han tomado en cuenta para incrementar el bienestar animal en organismos acuáticos es la utilización de densidades de cultivo adecuadas, replicar condiciones del medio natural en el sistema de cultivo (temperatura, salinidad, luminosidad, refugios, pH, turbidez), y administrar una alimentación especializada que satisfaga los requerimientos nutricionales de cada especie cultivada. Controlar estas variables determinan en gran medida el estrés de los organismos, el cual se sugiere evitar durante todo su crecimiento. Sin embargo, se ha reportado que, bajo condiciones de estrés, los organismos son más pro-

pensos a enfermedades, por ello se opta por administrar grandes cantidades de antibióticos con la finalidad de prevenirlas, los efectos de estas prácticas ya han sido altamente reportados y son peligrosas debido a que puede generar un impacto ecológico modificando las comunidades bacterianas, así como aumenta la resistencia bacteriana, convirtiéndose esto en un problema de salud pública.

El crecimiento de la acuicultura a nivel global como en México debe de seguir la pauta de la sustentabilidad, equilibrio entre el medio ambiente, la economía y la sociedad. Partiendo de esto, es clave la tomar en cuenta a la sociedad para prevenir conflictos sin fundamento. La capacitación, la información y la divulgación científica debe de ser prioritario para dar a conocer con certeza las actividades de la acuicultura, así como de sus beneficios y su compromiso con el medio ambiente. Actores políticos, instituciones educativas y privadas deben de fomentar la integración de la acuicultura con el entorno social, ya sea por campañas informativas-científicas o la generación de políticas públicas que sustenten lo anterior.

## ACCIONES DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Es más que claro que diversos programas de estudio de las carreras ofertadas por el TecNM están encausados en la innovación, desarrollo sustentable y cuidado del medio ambiente, con ello se va de la mano con los objetivos de la Agenda estratégica de autosuficiencia alimentaria y rescate del campo mexicano. La infraestructura de ciertos institutos tecnológicos (IT) ya está encaminado a la producción y desarrollo de la acuicultura. Sin embargo, es necesario

fomentar y crear nuevos centros especializados en el desarrollo científico y tecnológico con un enfoque 100% en la producción acuícola. Por otro lado, el Instituto Tecnológico de Villahermosa (ITVH), tiene una participación directa en el plan nacional de Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (PRE-NODESS). El cual tiene el objetivo de impulsar la economía mediante la capacitación de diversos temas destinado a grupos sociales organizados (Figura 1). En este fin, se han apoyado diversas cooperativas pesqueras del Estado de Tabasco con capacitaciones, cursos y monitoreo constantes de cuerpos de agua para fomentar la acuicultura (Figura 2). Es importante señalar que este programa social puede ser adoptado por más IT para impulsar el desarrollo de comunidades prioritarias. Por otro lado, también se trabaja en generar innovaciones tecnológicas, las cuales se basan en las ingenierías ofertadas en los IT. Por ejemplo, el ITVH se ha tomado muy en serio el resolver problemáticas acuícolas mediante el desarrollo y la innovación, en ese sentido se han generado prototipos de



**Figura 1.** Monitoreo de variables ambientales en cuerpos de agua con potencial acuícola por parte de profesores del Instituto Tecnológico de Villahermosa.



**Figura 2.** Capacitación y asesorías realizada a pescadores y acuicultores del estado de Tabasco por parte de profesores del Instituto Tecnológico de Villahermosa.



**Figura 3.** Presentación de un prototipo de sonda multiparamétrica desarrollada por alumnos de la carrera de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Villahermosa.

sondas multiparamétricas (Figura 3) que permiten realizar mediciones de las principales variables ambientales (temperatura, pH, oxígeno disuelto) necesarias para desarrollar una correcta acuicultura, estos prototipos de bajo costo pueden funcionar como una alternativa a sondas comerciales, apoyando la economía y rentabilidad de los acuicultores. Estos trabajos, tienen el objetivo de mejorar las condiciones sociales, ambientales y económicas de la población de la región.

## CONCLUSIONES

El panorama del sector acuícola en México se muestra con mucho potencial para optimizar, tecnificar y hacer más rentable dicha actividad. Esto se logrará si se siguen los pasos adecuados que incluyan la innovación, la educación, el desarrollo científico y el cuidado ambiental. Además, es fundamental llevar a cabo un acompañamiento del sector productivo privado, así como de los pequeños productores. Realizar estos pasos conducirá a la acuicultura por la vía del desarrollo logrando con ello ser una pieza clave para lograr los puntos acordados de la Agenda Estratégica de Autosuficiencia Alimentaria, así como elevando la calidad de vida del sector social que realiza esta actividad. Adoptar nuevas herramientas tecnológicas como la IA puede ser la clave de ahorrar esfuerzos y encaminar las futuras investigaciones para la acuicultura y otras actividades económicas.

## LITERATURA RELEVANTE

Amenyogbe, E., Chen, G., Wang, Z. Huang, J., Huang, B., y Li, H. (2020). The exploitation

of probiotics, prebiotics and synbiotics in aquaculture: present study, limitations and future directions: a review. *Aquaculture International*, (28), 1017-1041. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00509-0>

FAO. (2020). FAO Fisheries and Aquaculture - Fishery Statistical Collections - Global Aquaculture Production. En: FAO Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. [Revisado el 10 de agosto 2024]. <https://www.fao.org/fishery/en/collection/aquaculture>

Franks, B., Ewell, C., y Jacquet, J. (2021). Animal welfare risks of global aquaculture. *Science Advances*, 7(14). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg0677>

Knowler, D., Chopin, T., Martínez-Espiñeira, R., Neori, A., Nobre, A., Noce, A., y Reid, G. (2020). The economics of Integrated Multi-Trophic Aquaculture: where are we now and where do we need to go? *Reviews In Aquaculture*, 12(3), 1579-1594. <https://doi.org/10.1111/raq.12399>

Martínez-Cordero, F.J., Delgadillo, T. S., Sánchez-Zazueta, E., y Cai, J. (2021). Tilapia aquaculture in Mexico: assessment with a focus on social and economic performance. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1219*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3290en>

Salin, K. R. y Arome Ataguba, G. (2018). Aquaculture and the Environment: Towards Sustainability. En F. Hai, C. Visvanathan, R. y Boopathy, R. (Eds), *Sustainable Aquaculture. Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73257-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73257-2_1)

## ¿Cuáles son los hábitos de consumo en universitarios que más huella de carbono producen?

Liza Danielle Kelly Gutiérrez<sup>1</sup> y Marcela De Niz Villaseñor<sup>2</sup>

**RESUMEN:** En el Centro Universitario de la Costa se evaluaron los hábitos de consumo de los universitarios en relación con botellas de plástico, libretas escolares, y compras en supermercados. Utilizando un muestreo sistemático estratificado, se estableció con un 95% de confianza que se necesitaban 98 universitarios para obtener resultados representativos. Los universitarios consumen entre 1.7 y 2.3 botellas de plástico por semana, generando una huella de carbono comparable a entre 34 y 43 viajes anuales de ida y vuelta entre Puerto Vallarta y la Patagonia. La producción de papel para un ciclo escolar implica una huella hídrica de 6,943,760 litros y emisiones de 10,393.77 kilos de CO<sub>2</sub>. El 6.18% de los estudiantes desperdicia papel y sólo el 32.98% usa sus libretas completamente. El uso de unícel en cafeterías y eventos, que tarda entre 500 y 800 años en degradarse, también contribuye significativa-

mente a la contaminación ambiental. Adoptar prácticas más sostenibles, como el uso de materiales reciclados y la optimización de recursos energéticos, es crucial para mitigar estos impactos. Principio del formulario

*Palabras clave:* hábitos de consumo, huella de carbono.

■ ■ ■

A Gastón Sinhoja le gustan las libretas de pasta dura y tiene la costumbre, por no decir manía, ya que podría sonar exagerado (pero hagamos una pausa aquí: si, por definición, a una manía la acompaña la disminución del juicio crítico, entonces manía es el término correcto). Gastón, les decíamos, tiene la manía de únicamente escribir en las hojas de sus libretas por un solo lado. Cada que inicia un ciclo escolar o, inclusive, a la mitad del semestre, compra nuevas libretas porque “no le alcanzan”. El pri-

Recibido: 06/08/2024

Aceptado: 08/10/2024

Publicado: 10/10/2024

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Biológicas. Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> Departamento de Artes, Educación y Humanidades. Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara.

mer día de universidad, su compañera María le preguntó al respecto, y Gastón le explicó que no le gustaba que la tinta de la pluma traspasara la hoja ni cómo se sentía al tacto, y que era por esto que sólo escribía en las hojas por un solo lado. Ella le contestó: “Hábitos de consumo como éste contribuyen notoriamente a un aumento en la huella de carbono”. Gastón no tenía ni idea, pero al llegar a casa recordó perfectamente las palabras de su compañera.

En cuanto tuvo la oportunidad, preguntó al ChatGPT qué son los hábitos de consumo y la huella de carbono: los hábitos de consumo son comportamientos recurrentes de compra y uso de bienes y servicios por parte de los consumidores. Estos hábitos están moldeados por diversos factores, incluyendo la cultura, la economía, la educación, las preferencias personales, la publicidad y las tendencias sociales. En esencia, abarcan la frecuencia con la que una persona adquiere ciertos productos, su preferencia por marcas específicas, su inclinación a comprar en línea o en tiendas físicas, y sus decisiones de gasto, las cuales pueden basarse en aspectos como la calidad, el precio o la sostenibilidad.

Por otro lado, la huella de carbono es una medida del impacto ambiental que las actividades humanas tienen en términos de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono, que se emiten a la atmósfera. Esta métrica puede aplicarse a individuos, empresas, productos, eventos o incluso países, y se expresa generalmente en toneladas de CO<sub>2</sub>. La huella de carbono abarca tanto las emisiones directas, como las producidas por la quema de combustibles fósiles para transporte y calefacción, como las emisiones indirectas, generadas durante la producción de los bienes y servicios

que consumimos. Evaluar y reducir la huella de carbono es crucial para mitigar el cambio climático y sus efectos adversos sobre el medio ambiente.

Los hábitos de consumo tienen una influencia en la huella de carbono. Las decisiones que tomamos sobre qué productos y servicios adquirir, cómo los usamos y cómo los desecharmos, afectan directamente la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera. Existen varias maneras en que los hábitos de consumo impactan la huella de carbono:

*Alimentación.* La producción de alimentos, especialmente carne y productos lácteos, genera elevadas emisiones de carbono debido a factores como la deforestación, el uso de fertilizantes y el metano producido por el ganado. Optar por una dieta más basada en plantas puede ayudar a reducir esta huella.

*Transporte.* El uso de vehículos personales, especialmente aquellos que funcionan con combustibles fósiles, contribuye a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Alternativas como el transporte



público, las bicicletas o los vehículos eléctricos pueden disminuir estas emisiones.

*Energía.* El consumo de electricidad y calefacción en el hogar tiene un impacto significativo en la huella de carbono. Mejorar la eficiencia energética, utilizar fuentes de energía renovable y reducir el consumo energético pueden contribuir a mitigar este impacto.

*Productos y bienes de consumo.* La fabricación y el transporte de productos, así como su ciclo de vida desde la producción hasta el desecho, generan emisiones de carbono. Elegir productos duraderos, reutilizables y provenientes de fuentes sostenibles puede reducir estas emisiones.

*Residuos.* La gestión y tratamiento de residuos también conllevan emisiones de gases de efecto invernadero. Reducir, reutilizar y reciclar puede minimizar la cantidad de residuos enviados a vertederos y, por ende, las emisiones asociadas.

Después de esa pequeña investigación Gastón entendió las implicaciones de lo que le comentó María. Ya no le parecía un comentario sin sentido. Pero una duda le surgió: ¿qué tanta huella de carbono se podría dejar de producir si aprovechaba hasta el último renglón de sus libretas?

Como parte de los contenidos académicos de algunas materias que se imparten en el Centro Universitario de la Costa, de manera cualitativa se evaluaron los hábitos de consumo de los universitarios en 2 ejes principales; i) La estimación del consumo de botellas de plástico en los alumnos del Centro Universitario de la Costa y cuál es la huella de carbono de las mismas; y ii) la huella de carbono e hídrica por el uso de libretas escolares. De manera cualitativa: iii) hábitos de consumo al ir al supermer-

cado; y iv) hábitos durante su estancia en las instalaciones universitarias. Todo esto con el fin de establecer acciones funcionales y operativas para disminuir la contaminación.

En este estudio empleamos un método de muestreo sistemático estratificado, teniendo en cuenta las diferentes carreras de los estudiantes. Primero llevamos a cabo un pre-muestreo con 30 participantes para estimar el tamaño mínimo de muestra. Con base en este análisis preliminar, determinamos que, para obtener resultados representativos con un nivel de confianza del 95%, es imprescindible incluir una muestra de 98 estudiantes. Este enfoque asegura que nuestros hallazgos reflejen adecuadamente las características de la población estudiantil en su totalidad.

Los universitarios del CUCosta compran entre 1.7 y 2.3 botellas a la semana (estimación realizada con un 98% de certeza). Esto equivale, considerando a toda la comunidad, a un consumo de 11,900 a 16,100 botellas a la semana. Las botellas que compran generalmente son de 0.5, 1 y 1.5 L.

La distancia en auto entre Puerto Vallarta, Jalisco, y la Patagonia puede variar según la ruta elegida, pero se estima que oscila en-

**Cuadro 1.** Estimación de la huella de carbono por el consumo de botellas, se consideró un tamaño estándar de 1 L y un consumo de botellas de 14,000 a la semana.

Huella de carbono	CO <sub>2</sub>
Por botella (1 litro).	206 g
Por consumo de agua embotellada, por toda la comunidad estudiantil, a la semana.	2,884 kg
Huella de carbono anual (considerando 20 semanas por ciclo escolar).	115,360 kg
Equivalente en distancia recorrida en coche.	692,160 km

tre 8,000 y 10,000 kilómetros. Tomando estos valores como referencia, una distancia de 692,160 kilómetros equivale aproximadamente a entre 69 y 87 veces la distancia que separa estos dos puntos. Así, dependiendo de la ruta específica, los universitarios al consumir entre 1 y 2 botellas de agua a la semana producimos la misma huella de carbono al año que produce un automóvil al ir y regresar entre 34 y 43 veces el trayecto desde Puerto Vallarta hasta la Patagonia.

La distancia en auto de ida y vuelta entre Puerto Vallarta, y Guadalajara es de aproximadamente 640 kilómetros. En este contexto, una distancia de 692,160 kilómetros equivale aproximadamente a 1,081 veces el trayecto de ida y vuelta entre estas dos ciudades. Esto proporciona una perspectiva impresionante sobre la magnitud de 692,160 kilómetros en comparación con distancias más familiares.

Los estudiantes indicaron que reutilizan sus botellas de agua, haciendo un promedio de dos usos por botella. Aunque también mencionaron que reciclan, en realidad se están refiriendo al reúso de las botellas, no al reciclaje propiamente dicho. Es importante destacar que, aunque reutilizar botellas puede parecer una práctica ecológica, no es la más recomendable. Los plásticos de las botellas de agua están diseñados para un solo uso debido a la posibilidad de liberación de sustancias químicas y el riesgo de deterioro del material con el tiempo. Por lo tanto, es crucial considerar alternativas más seguras para la reducción de residuos, como el uso de botellas reutilizables hechas de materiales duraderos y aptos para múltiples usos.

Además del impacto ambiental asociado con la producción de carbono, es preocupan-

te la contaminación ambiental por el desecho inadecuado de las botellas de plástico. En el estudio, encontramos que el 47% de los entrevistados afirma que depositan las botellas en contenedores específicos para plástico. Por otro lado, el 44% menciona que las tiran en cualquier bote de basura, y el 9% admite que las desecha en lugares no apropiados. Estos hábitos de disposición inadecuada contribuyen a la contaminación de nuestros ecosistemas y subrayan la necesidad de mejorar la gestión de residuos y fomentar prácticas más responsables entre los consumidores.

La huella hídrica asociada a la producción de papel es considerable: se requieren 10 litros de agua para fabricar una sola hoja de papel, lo que significa que un cuaderno de 100 hojas utiliza alrededor de 1,000 litros de agua. La producción de papel es una de las actividades industriales con mayor impacto ambiental, ya que su proceso de fabricación, distribución y consumo conlleva una intensa explotación de recursos naturales. Estudios indican que por cada kilo de papel producido se emiten aproximadamente 3.3 kilos de dióxido de carbono.

En el contexto escolar, la producción y uso de libretas y hojas de repuesto para carpetas contribuyen significativamente a este impacto ambiental. Durante un ciclo escolar, se estima que se genera una huella hídrica de 6,943,760 litros de agua y se emiten 10,393.77 kilos de dióxido de carbono debido a la producción de papel.

Un problema adicional es el desperdicio de papel, que ocurre cuando no se reutiliza de manera efectiva. Según el diagnóstico, el 6.18% de los universitarios reporta que deja muchos espacios y hojas en blanco en sus libretas, y sólo el 47.42% utiliza sus libretas exclusivamente

**Cuadro 2.** Material que utilizan los estudiantes del Centro Universitario de la Costa para tomar notas, así como el número de unidades por ciclo escolar.

Material	Porcentaje	No. estudiantes	Unidades/ciclo escolar
Block de notas	9.27	649.48	
Carpeta	31.95	2,237.11	2,190.01 paquetes
Hojas recicladas	4.12	288.65	
Libretas	43.29	3,030.92	4,753.75 libretas
Medio electrónico	11.34	793.81	

para tomar apuntes. Al finalizar el semestre, apenas el 32.98% de los estudiantes utiliza sus libretas en su totalidad. Este patrón de uso y desperdicio destaca la necesidad urgente de fomentar prácticas más sostenibles y de reutilización para reducir el impacto ambiental asociado con el consumo de papel. También se puede disminuir la huella de carbono con el reúso de libretas escolares.

Para comprender el impacto ambiental asociado con una huella hídrica de 6,943,760 litros de agua y una emisión de 10,393.77 kilos de dióxido de carbono, es útil contextualizar estas cifras con comparaciones tangibles.

En términos de huella hídrica, el consumo promedio de agua de una persona para uso doméstico es de alrededor de 300 litros al día, sumando aproximadamente 109,500 litros al año. Por lo tanto, la huella hídrica de 6,943,760 litros es equivalente al consumo anual de agua de unas 63 personas. Además, en el ámbito agrícola, un campo de maíz necesita entre 600 y 700 litros de agua por metro cuadrado durante la temporada de crecimiento. Con esta cantidad de agua, se podría regar aproximadamente 10,686 metros cuadrados, o 1.07 hectáreas, de cultivo de maíz. Para ilustrar aún más, una piscina olímpica tiene una capacidad de 2,500,000 litros, por lo que la huella hídrica

en cuestión sería suficiente para llenar casi 2.8 piscinas olímpicas.

En cuanto a las emisiones de dióxido de carbono, un vehículo promedio emite alrededor de 2.3 kg de CO<sub>2</sub> por litro de gasolina. Por lo tanto, la cantidad de CO<sub>2</sub> mencionada equivale a las emisiones producidas por el consumo de aproximadamente 4,527 litros de gasolina. Para ponerlo en perspectiva, esto se traduce en las emisiones generadas por un pasajero en un vuelo de larga distancia de aproximadamente 41,575 kilómetros, lo cual supera la distancia de una vuelta al mundo. Finalmente, un árbol adulto puede absorber cerca de 22 kg de CO<sub>2</sub> al año. Para compensar las 10,393.77 kg de CO<sub>2</sub>, se necesitarían aproximadamente 472 árboles.

Estas comparaciones ayudan a enmarcar la magnitud del impacto ambiental generado por el uso de libretas, destacando la importancia de adoptar prácticas más sostenibles para reducir el uso de recursos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Para reducir la huella de carbono asociada con el uso de libretas en el ámbito universitario, se pueden adoptar varias estrategias efectivas. Optar por libretas hechas de papel reciclado o de fuentes sostenibles, como el papel con certificación FSC, es una opción ecológica. Fomentar el uso de notas

electrónicas y plataformas de documentos en línea puede minimizar la demanda de papel. Reutilizar libretas viejas, promover el reciclaje adecuado y elegir libretas recargables contribuye a la reducción de desechos. La educación sobre el impacto ambiental del uso de libretas y la optimización del uso del papel, al escribir en ambos lados de las páginas y evitar impresiones innecesarias, son pasos importantes para una gestión más sostenible. Finalmente, apoyar la investigación en materiales de papelería más ecológicos y evaluar continuamente el impacto ambiental de las prácticas actuales pueden conducir a nuevas formas de reducir la huella de carbono en el entorno universitario.

Otros hábitos de consumo de universitarios que contribuyen a la huella de carbono son la adquisición de bolsas de plástico o de tela al hacer sus compras en supermercados. En los hábitos de consumo no está el reúso de las bolsas de plástico y es importante considerar que también hay una huella de carbono por el uso excesivo de bolsa reutilizables si no se amortiza el uso. Para reducir la huella de carbono asociada a las compras en supermercados, se pueden adoptar varias estrategias clave. Optar por productos locales y de temporada minimiza el impacto del transporte y apoya la agricultura sostenible. Elegir alimentos con menos empaques, preferiblemente reciclables o compostables, reduce los residuos y la energía utilizada en el envasado. Hacer uso de bolsas reutilizables en lugar de bolsas plásticas desechables ayuda a disminuir la generación de desechos. Además, planificar las compras, y hacer listas para evitar compras impulsivas y el desperdicio de alimentos, pueden contribuir notoriamente a una reducción en las emisiones asociadas con la producción y el

transporte de productos. Promover el uso de transporte eficiente, como bicicletas o vehículos compartidos para las compras, también disminuye la huella de carbono. Implementar estas prácticas no sólo beneficia al medio ambiente, sino que fomenta un consumo más consciente y responsable.

Al abordar las problemáticas identificadas se han implementado diversos instrumentos para observar y dialogar con estudiantes y otros actores relevantes. Destacan varios hallazgos significativos y cruciales para desarrollar propuestas a corto plazo:

Uno de los principales problemas observados es que la mitad de los salones que no están en uso tienen la luz encendida. Este fenómeno no solo desperdicia energía, sino que además aumenta innecesariamente la huella de carbono del campus. Encontramos que una tercera parte de estos salones inactivos mantiene también los ventiladores encendidos, lo que agrava aún más el consumo energético. Otro hallazgo relevante es que los sistemas de aire acondicionado (A/A) no se pueden apagar fácilmente debido a la falta de acceso a sus controles. Esta dificultad en el manejo de los A/A contribuye al uso continuo de energía, incluso en espacios no utilizados. Estos resultados destacan áreas clave donde se pueden implementar mejoras inmediatas para reducir el consumo de energía y, en consecuencia, la huella ambiental del campus. Las propuestas para resolver estos problemas incluyen la instalación de sensores de movimiento para controlar las luces y ventiladores, así como la mejora en el acceso a los controles de los sistemas de aire acondicionado. Estas medidas permitirán una gestión más eficiente de los recursos energéticos y contribuirán significativamente a la sostenibilidad

del cucosta. Es responsabilidad de todos apagar luces y ventiladores cuando no se usan y mantener las puertas cerradas de espacios con aires acondicionados prendidos para optimizar los recursos y disminuir la huella de carbono.

Además de los hábitos de consumo individuales de los universitarios, es fundamental considerar el impacto ambiental asociado con el uso de materiales de gran durabilidad y corto tiempo de uso en eventos universitarios. Actividades y eventos como cursos, conferencias, talleres, congresos, foros, seminarios, simposios, cátedras, festivales y exposiciones, que en su mayoría son presenciales, suelen ofrecer servicios generales como agua o café. En estos escenarios, el uso de materiales desechables como el poliestireno expandido, comúnmente conocido como unicel, se presenta como un problema ambiental.

El unicel, que se utiliza ampliamente debido a su bajo costo y ligereza, tiene un tiempo de degradación extremadamente largo, estimado en aproximadamente entre 500 y 800 años. Este tiempo de degradación es desproporcionado en comparación con el breve tiempo de uso de 15 minutos que suele durar un envase de unicel. Por esta razón, es esencial priorizar su reutilización y reciclaje. Sin embargo, la mejor opción para el medio ambiente sería evitar el uso de este material, ya que su producción contribuye al agotamiento de petróleo y genera múltiples formas de contaminación. De hecho, más de 70 ciudades en Estados Unidos han prohibido el uso de unicel debido a sus impactos negativos.

Entre los efectos ambientales del unicel, se destaca su voluminosidad, lo que causa que ocupe grandes espacios en vertederos, dado que su reciclaje es prácticamente inexisten-

te. Además, cuando el unicel llega al mar, se descompone en pequeñas bolitas y eventualmente en microplásticos. Estos microplásticos pueden ser ingeridos por la fauna marina, causando graves problemas de salud e incluso la muerte de los animales. Por estas razones, es imperativo buscar alternativas más sostenibles y reducir el uso de materiales desechables en eventos universitarios para mitigar su impacto ambiental.

Gastón por fin entendió que ser consciente de nuestros hábitos de consumo y optar por elecciones más sostenibles puede tener efectos importantes en la reducción de la huella de carbono, y que el esfuerzo y compromiso suyo y de muchas personas se suma al esfuerzo global por combatir el cambio climático.

## LITERATURA RELEVANTE

- Akter, M. y Hossain, J. (2023). Food consumption patterns and sedentary behaviours among the university students: a cross-sectional study. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3207448/v1>
- Berrío-Quispe, M. L., Chávez-Bellido, D. E., y Aguilar-Mori, K. (2023). Environmental awareness and consumption habits among university students. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, 2, 570. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023570>
- Lonati, E., Cazzaniga, E., Adorni, R., Zanatta, F., Bellingheri, M., Colleoni, M., Riva, M. A., Steca, P., y Palestini, P. (2024). Health-Related Lifestyles among University Students: Focusing on Eating Habits and Physical Activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(5), 626. <https://doi.org/10.3390/ijerph21050626>

# Acuaponía de traspatio y el dormilón gordo del Pacífico: ¿Un paso hacia la soberanía alimentaria?

Manuel A. Vargas-Ceballos, Luis E. Ruiz-González,  
Dulce M. Flores-Rodríguez, Daniel Badillo-Zapata y  
Fernando Vega-Villasante

**RESUMEN:** En el contexto actual de cambio climático y aumento demográfico, la búsqueda de soluciones innovadoras para garantizar la seguridad alimentaria se ha vuelto imprescindible. La acuaponía, surge como una alternativa prometedora sostenible y eficiente para la producción de alimentos, particularmente, los sistemas acuapónicos a pequeña escala o de traspatio. Si bien existen numerosos estudios sobre acuaponía, son escasos los trabajos enfocados en optimizar parámetros de manejo en sistemas de pequeña escala destinados a la agricultura familiar. Entre los aspectos claves en estos sistemas es encontrar la densidad adecuada que maximice la producción tanto de peces como de plantas. La densidad de siembra refiere al número de organismos que puede mantener un determinado volumen de agua. Por lo que, un aumento en la densidad podría representar una mayor producción, pero también puede afectar negativamente

el desarrollo y la salud de los organismos. En conclusión, la acuaponía de traspatio implementada con especies nativas como el caso de *Dormitator latifrons*, puede llegar a representar una herramienta poderosa en la búsqueda de la soberanía alimentaria. El uso e implementación de esta tecnología ofrece una solución a los desafíos actuales de producción de alimentos, además de que empodera a individuos y comunidades para tomar el control de su seguridad alimentaria.

*Palabras clave:* agricultura familiar, *Dormitator latifrons*.

## INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de cambio climático y aumento demográfico, la búsqueda de soluciones innovadoras para garantizar la seguridad alimentaria se ha vuelto imprescindible. La acuaponía, un sistema que integra la acuicultura

Recibido: 25/06/2024

Aceptado: 08/10/2024

Publicado: 10/10/2024

Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara.

ra y la hidroponía, surge como una alternativa prometedora, especialmente cuando se implementa a pequeña escala o en traspatios. Esta técnica combina la cría de organismos acuáticos con el cultivo de plantas en un ambiente simbiótico, ofreciendo una opción sostenible y eficiente para la producción de alimentos.

La acuaponía es un sistema de producción integrado que combina la acuicultura (cultivo de organismos acuáticos) con la hidroponía (cultivo de plantas sin suelo) en un ambiente simbiótico. En este sistema, los efluentes ricos en nutrientes generados por los organismos acuáticos, principalmente compuestos nitrogenados como el amonio, son canalizados hacia un componente hidropónico. Allí, bacterias nitrificantes, principalmente de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*, colonizan los

medios de soporte y llevan a cabo un proceso de mineralización, convirtiendo el amonio en nitritos y posteriormente en nitratos. Estos nitratos, junto con otros nutrientes disueltos, son absorbidos por las plantas como fuente primaria de alimentación. Este proceso de biofiltración no solo nutre a las plantas, sino que al mismo tiempo purifica el agua, la cual es posteriormente recirculada hacia el componente acuícola (Figura 1). El sistema opera en un ciclo cerrado, minimizando el consumo de agua y optimizando la utilización de nutrientes. La eficacia del sistema depende del mantenimiento de un equilibrio dinámico entre las poblaciones de peces, plantas y microorganismos, así como de parámetros fisicoquímicos como el pH, la temperatura, y los niveles de oxígeno disuelto.

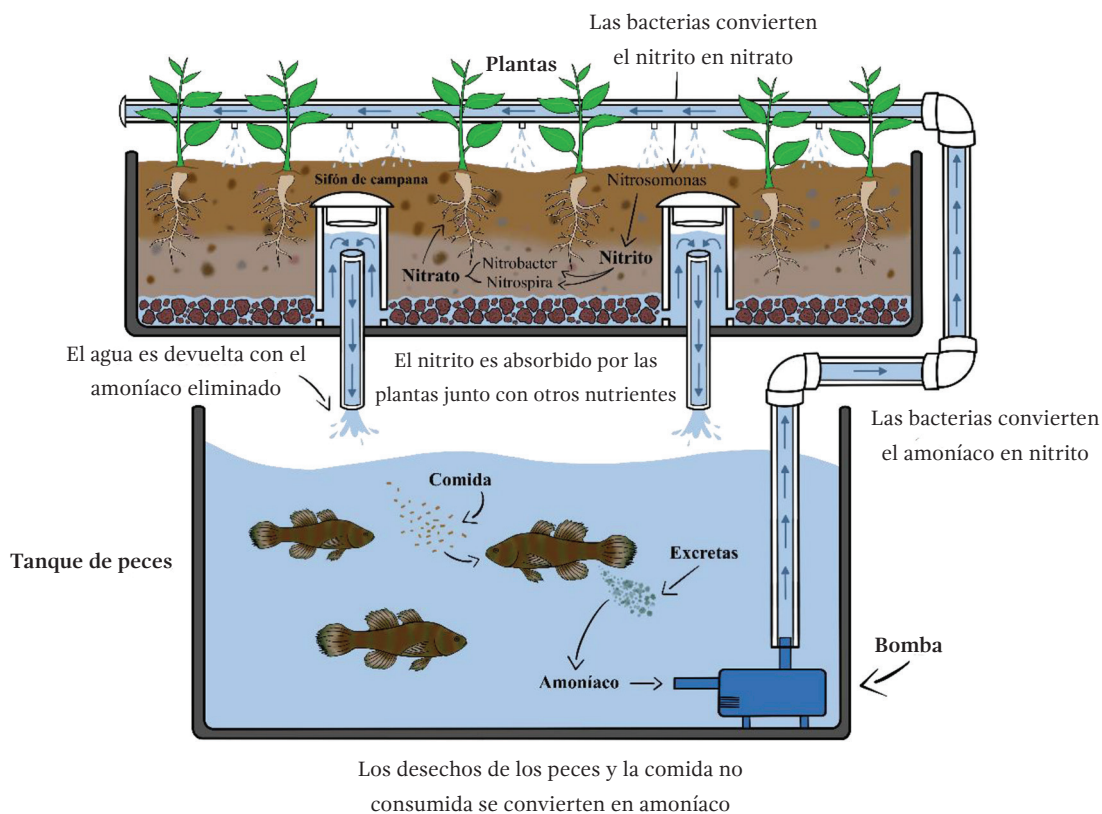


Figura 1. Ilustración de un sistema acuapónico básico.

La implementación de sistemas acuapónicos a pequeña escala y baja tecnología o de traspatio ofrece ventajas significativas. Además de su eficiencia espacial, ideal para áreas urbanas o suburbanas con espacio limitado, permite un control directo y un monitoreo cercano del sistema. Esto facilita ajustes rápidos y una producción diversificada de proteína animal y vegetales frescos, reduciendo costos asociados al transporte y almacenamiento de alimentos.

## EL CHAME Y LA ACUAPONÍA

Un aspecto importante en el desarrollo de sistemas acuapónicos sostenibles es la selección de especies adecuadas. En este sentido, el *Dormitator latifrons*, conocido comúnmente como «chame», «puyeque» o «dormilón gordo del Pacífico», es una especie nativa que se perfila con gran potencial para su uso en acuaponía de traspatio en regiones tropicales y subtropicales de América. Este pez, perteneciente a la familia Eleotridae, es nativo de las costas del Pacífico americano, desde California hasta Perú (Figura 2).

Las características biológicas y ecológicas del *chame* lo convierten en un candidato ideal para la acuaponía de traspatio. Su tolerancia a variaciones de salinidad y temperatura, junto con su capacidad de respiración aérea auxiliar, lo hacen resistente a fluctuaciones en las condiciones del agua. Aunado a esto, su dieta omnívora con tendencia detritívora y su rápido crecimiento en condiciones adecuadas podrían contribuir a la eficiencia del sistema. Por otra parte, el comportamiento bentónico de esta especie también juega un papel importante, ya que ayuda a la resuspensión de nutrientes, mejorando su disponibilidad para las plantas.

El uso de especies nativas como el *Dormitator latifrons* en acuaponía presenta múltiples ventajas. Además de su adaptación natural a las condiciones climáticas locales, reduce el riesgo de impacto ecológico en caso de escapes accidentales. Asimismo, promueve la biodiversidad local y ofrece un potencial para la conservación de especies nativas que podrían estar amenazadas.

Si bien existen numerosos estudios sobre acuaponía, son escasos los trabajos enfocados en optimizar parámetros de manejo en sistemas de pequeña escala destinados a la agricultura familiar. Entre los aspectos claves en estos sistemas es encontrar la densidad adecuada que maximice la producción tanto de peces como de plantas. La densidad de siembra refiere al número de organismos que puede mantener un determinado volumen de agua. Por lo que, un aumento en la densidad podría representar una mayor producción, pero también puede afectar negativamente el desarrollo y la salud de los organismos. Investigadores del Centro Universitario de la Costa se encuentran



Figura 2. Mapa de la distribución del pez «chame» (*Dormitator latifrons*) desde las costas de California en Estados Unidos, hasta el Perú.

realizando investigaciones sobre la viabilidad del uso del chame en sistemas acuapónicos a pequeña escala. Donde precisamente examinaron el efecto de diferentes densidades de siembra en el crecimiento, supervivencia y parámetros sanguíneos del pez *D. latifrons* y la producción de acelga *Beta vulgaris* en un sistema de acuaponía a pequeña escala. Encontrando que, la densidad de siembra repercute en el crecimiento, eficiencia alimentaria, producción total de biomasa y la respuesta fisiológica de este pez, así como en el crecimiento de la acelga y recomiendan una densidad de siembra intermedia para ofrecer un equilibrio favorable entre el rendimiento de los peces y las plantas y la salud de los peces. Subrayando la necesidad de seguir explorando las complejas interacciones entre los componentes biológicos en estos sistemas para mejorar su eficiencia y sostenibilidad.

## ACUAPONÍA Y SOBERANÍA ALIMENTARIA

La seguridad alimentaria es un concepto que se define como la garantía que poseen todos los seres humanos para poder acceder a alimentos inocuos, suficientes y nutritivos. A través de ella, se busca que nadie pase hambre y que todos puedan disfrutar de una dieta saludable. Por otra parte, la soberanía alimentaria se centra en devolver a las comunidades el control sobre su producción de alimentos. Con ello, pretende que las decisiones sobre qué y cómo se produce, se tomen localmente, beneficiando directamente a las comunidades. La soberanía alimentaria es una fuente de reivindicación, ya que facilita la implementación de métodos de producción diseñados especí-

ficamente para las condiciones únicas de las diversas comunidades y regiones, fomentando así la oportunidad de participación y toma de decisiones entre esas comunidades, junto con un sólido estímulo a la cooperación, el dialogo, la equidad, la preservación de las especies y la biodiversidad.

En consecuencia, resulta evidente que, si bien la seguridad alimentaria garantiza el acceso sin restricciones a un sustento nutritivo en todo momento, la soberanía alimentaria potencia la administración local por parte de las personas que se dedican a la agricultura, honrando su identidad, cultura y las metodologías involucradas en la producción de alimentos. En conjunto, estos principios contribuyen al establecimiento de un sistema alimentario más equitativo y sostenible.

En ese sentido, la acuaponía de traspatio puede desempeñar un papel crucial en el fortalecimiento de la soberanía y seguridad alimentaria en México, al permitir la producción local y sostenible de alimentos en espacios reducidos, como patios o azoteas. Como ya se mencionó líneas arriba, este sistema integra la producción de peces y vegetales en un ciclo cerrado, optimizando el uso de recursos como el agua y reduciendo la dependencia de insumos externos, lo que otorga mayor autonomía alimentaria a las familias. Al mismo tiempo, al ofrecer una fuente continua de alimentos frescos y nutritivos, mejora la calidad de la dieta y reduce la vulnerabilidad frente a la fluctuación de precios y las crisis de suministros. Además, su capacidad para adaptarse a condiciones climáticas extremas la convierten en una solución resiliente al cambio climático. La implementación de políticas que promuevan la acuaponía de traspatio, mediante subsidios y

capacitación técnica, podría ser un componente estratégico para mejorar la autosuficiencia alimentaria en comunidades rurales y urbanas marginales de México, contribuyendo de manera significativa a la lucha contra la inseguridad alimentaria en el país. Sin embargo, no todo es perfecto, los sistemas acuapónicos a pequeña escala tienen un gran potencial en cuanto a sostenibilidad y producción de alimentos, pero su rentabilidad económica es una barrera significativa. Las áreas de oportunidad que podemos remarcar se centran en la reducción de costos, optimización del sistema y creación de políticas de apoyo. A pesar de todo esto, la acuaponía de traspatio puede convertirse en una herramienta poderosa para mejorar tanto la soberanía como la seguridad alimentaria en México.

## CONCLUSIÓN

En conclusión, la acuaponía de traspatio implementada con especies nativas como el caso de *D. latifrons*, puede llegar a representar una herramienta poderosa en la búsqueda de la soberanía alimentaria. El uso e implementación de esta tecnología ofrece una solución a los desafíos actuales de producción de alimentos en un contexto de cambio climático y el aumento

demográfico, además de que empodera a individuos y comunidades para tomar el control de su seguridad alimentaria.

## LITERATURA RELEVANTE

- Lobillo-Eguibar, J., Fernández-Cabanás, V. M., Bermejo, L. A., y Pérez-Urrestarazu, L. (2020). Economic sustainability of small-scale aquaponic systems for food self-production. *Agronomy*, 10(10), 1468.
- Silva, J. L. C., Flores, L. S., y De los Ángeles, J. A. C. (2020). ¿Es posible una soberanía alimentaria en México? *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 9(18), 40-69.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., y Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and aquaculture technical paper.
- Vega-Villasante, F., Ruiz-González, L. E., Chong-Carrillo, O., Basto-Rosales, M. E., Palma-Cancino, D. J., Tintos-Gómez, A., et al. (2021). Biology and use of the Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844): state of the art review. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(3), 391-403.

# La integración transversal del emprendimiento e innovación en la educación superior en el CUCOSTA

Carlos Felipe Camba Pérez<sup>1</sup>, Guadalupe Iris Leticia Camba Pérez<sup>2</sup>,  
Paola Alejandra Cortés<sup>3</sup> y Claudia Gauthiez González<sup>4\*</sup>

**RESUMEN:** La rápida evolución tecnológica y socioeconómica exige que las universidades integren competencias de emprendimiento e innovación en su currícula. Este artículo examina cómo el CUCOSTA ha implementado un enfoque interdisciplinario en diversas carreras, como Biología, Ingeniería Civil y Ciencias y Artes Culinarias, formando estudiantes

capaces de liderar proyectos innovadores. Mediante la incorporación de Unidades de Aprendizaje con esta finalidad, los estudiantes desarrollan habilidades prácticas y teóricas, esenciales para adaptarse a un mercado laboral cambiante. Los resultados han mostrado un incremento en la intención de emprender y una mayor confianza para asumir ries-

<sup>1</sup> Profesor e investigador Titular A de la Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa. Departamento de Psicología. Miembro del Cuerpo Académico UDG-CA-1109 Innovación y Emprendimiento para el Desarrollo. carlos.camba@academicos.udg.mx

<sup>2</sup> Profesor e investigador Asistente C de la Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa. Departamento de Estudios Administrativo-Contables. Miembro del Cuerpo Académico UDG-CA-1064 Gestión de la Tecnología en las Organizaciones. guadalupe.camba@academicos.udg.mx

<sup>3</sup> Profesor e investigador Asociado C de la Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa. Departamento de Estudios Administrativo-Contables. Miembro del Cuerpo Académico UDG-CA-1064 Gestión de la Tecnología en las Organizaciones. paola.c@academicos.udg.mx

<sup>4</sup> Profesor de Asignatura B de la Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa. Departamento de Estudios Administrativo-Contables. claudia.gauthiez@academicos.udg.mx

\*Autor de correspondencia.

Recibido: 10/08/2024

Aceptado: 15/10/2024

Publicado: 16/10/2024

gos. Ejemplos de egresados exitosos ilustran cómo la formación en emprendimiento les permitió identificar oportunidades de negocio y generar iniciativas sostenibles. A pesar de los logros, persisten algunos desafíos como la falta de recursos y resistencia en algunas disciplinas. Se concluye que la integración del emprendimiento en la Educación Superior es vital para preparar a los estudiantes para un futuro laboral dinámico, y se sugiere continuar con investigaciones que evalúen el impacto de estos programas en la empleabilidad y la creación de empresas sostenibles.

*Palabras clave:* emprendimiento, educación superior, transversalidad, actualización continua, integración curricular.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo donde los cambios tecnológicos y socioeconómicos ocurren a una velocidad sin precedentes, las competencias relacionadas con el emprendimiento y la innovación se han convertido en esenciales para el desarrollo personal y profesional. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), las universidades deben ir más allá de la formación técnica, preparando a los estudiantes para un mercado laboral en constante transformación, donde la capacidad de adaptarse y generar soluciones innovadoras es clave para la competitividad.

El Centro Universitario de la Costa (CUCOSTA), consciente de esta necesidad, ha integrado de manera transversal los temas de emprendimiento e innovación en su currícula. Este esfuerzo no solo se ha limitado a las áreas económicas y administrativas, sino que se ha extendido a carreras como biología, ingeniería

y artes culinarias, con el objetivo de preparar a los estudiantes para enfrentar los retos del mundo laboral actual.

Este artículo analiza cómo el CUCOSTA ha logrado esta integración, los programas de capacitación implementados y su impacto en la formación de estudiantes capaces de crear y liderar proyectos innovadores en diferentes contextos profesionales.

## LA NECESIDAD DE INTEGRAR EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

El emprendimiento educativo, según Kuratko, no se limita a la creación de empresas; abarca un conjunto de habilidades y competencias que son valiosas en cualquier entorno profesional. Estas incluyen la creatividad, la capacidad de identificar oportunidades, el liderazgo y la resolución de problemas. Integrar estas competencias en la educación superior per-



Figura 1. Generada con la IA chatGPT.

mite a los estudiantes no solo adaptarse a los cambios del mercado, sino también liderarlos.

El informe de la Comisión Europea, subraya la importancia de fomentar la innovación en la educación superior, destacando que esta no solo debe centrarse en la creación de nuevos productos o servicios, sino también en la mejora de procesos y la gestión eficiente de recursos. El CUCOSTA ha respondido a estas demandas mediante la incorporación de Unidades de Aprendizaje (UDA) que promueven una mentalidad emprendedora en disciplinas diversas. A través de estas UDA, los estudiantes adquieren herramientas prácticas y teóricas que les permiten innovar en sus respectivos campos.

## EL ENFOQUE INTERDISCIPLINARIO EN CUCOSTA

Desde 2004, el CUCOSTA ha impulsado la integración de emprendimiento e innovación en diversas carreras. Este proceso fue impulsado por recomendaciones de organismos como la Organización Mundial del Turismo (OMT) y el Consejo Nacional para la Calidad de la Educación Turística (CONAET), que destacan la relevancia de estas competencias para el desarrollo económico y social. A través de esta estrategia, las disciplinas no relacionadas tradicionalmente con el emprendimiento, como biología o artes culinarias, han comenzado a incluir estas competencias en su currícula.

En la Licenciatura en Biología, se imparte la asignatura Desarrollo de Emprendedores, donde los estudiantes son capacitados para identificar oportunidades de negocio en áreas como la biotecnología y la conservación ambiental. Este enfoque interdisciplinario ha per-

mitido que los futuros biólogos no solo sean capaces de investigar, sino también de liderar proyectos empresariales relacionados con la sostenibilidad y la ciencia.

De manera similar, en la Licenciatura en Ciencias y Artes Culinarias, se ha implementado una asignatura centrada en el emprendimiento de empresas gastronómicas. Este curso no solo aborda la creación y gestión de negocios en el sector alimentario, sino que también explora tendencias emergentes como la sostenibilidad alimentaria y la creación de experiencias gastronómicas que vinculan la gastronomía con otras industrias creativas como el turismo. Este enfoque ha permitido que los egresados no solo contribuyan al desarrollo de la gastronomía local, sino que también innoven en un mercado global competitivo.

En Ingeniería Civil, los estudiantes reciben formación en talleres como Herramientas del Emprendedor y Liderazgo y Emprendimiento, que les proporcionan las competencias necesarias para gestionar proyectos innovadores dentro de sus campos. A través de estas asignaturas, se les prepara para identificar oportunidades de mejora y para liderar proyectos tecnológicos y empresariales que generen valor en su sector.

## IMPACTO EN LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES

Los resultados de esta integración transversal han sido notables. Un estudio realizado por Campos y Marúm, indica que los estudiantes que han recibido formación en emprendimiento e innovación muestran una mayor intención de emprender y asumen con mayor confianza el riesgo en proyectos empresaria-

les. Estos estudiantes también demuestran mayor capacidad para trabajar en entornos de incertidumbre y para identificar soluciones creativas a problemas complejos.

En la Semana del Emprendedor, un evento anual organizado por el CUCOSTA, se ha observado que los estudiantes que participan en actividades como ferias de emprendimiento y competencias de innovación desarrollan competencias clave como la creatividad, la gestión del riesgo y la toma de decisiones informadas. Además, los egresados que han participado en estos programas han demostrado un mayor nivel de autonomía y una mayor disposición a trabajar en proyectos que requieren liderazgo y capacidad para innovar.

Un ejemplo destacado es el de Valeria Barajas, egresada de la Licenciatura en Ciencias y Artes Culinarias, quien fundó la empresa «La Fragola Repostería», dedicada a la producción de postres y al servicio de mesa de postres y bocadillos para eventos. Valeria identificó una oportunidad de negocio en este mercado y creó un negocio enfocado en la elaboración artesanal de postres, manteniendo procesos caseros y tradicionales. Con el tiempo, su emprendimiento ha evolucionado para satisfacer la creciente demanda de servicios para eventos sociales y corporativos, consolidando su presencia en este sector. Su negocio es un claro ejemplo de cómo los conocimientos y habilidades adquiridos en el curso de emprendimiento permiten a los egresados desarrollar proyectos sostenibles y adaptarse de manera eficaz a las necesidades del mercado.

Otro ejemplo es el de Natalia Rodríguez, también egresada de la Licenciatura en Ciencias y Artes Culinarias, quien ya contaba con su empresa «Del Mar Repostería» mientras



Figura 2. Generada con la IA chatGPT.

cursaba la carrera. Su negocio se distingue por ofrecer repostería con temáticas personalizadas, lo que le permitió posicionarse en un nicho específico del mercado. Natalia expresó que los conocimientos adquiridos en el curso de emprendimiento fueron fundamentales para comprender que el crecimiento de su empresa requería delegar actividades y responsabilidades. Esta perspectiva le ha permitido optimizar sus operaciones, asegurando un servicio eficiente sin perder la esencia artesanal y personalizada de su oferta. Su historia es un ejemplo de cómo la formación en el CUCOSTA fomenta habilidades de gestión estratégica, preparándola para afrontar los desafíos del crecimiento empresarial.

Otro caso inspirador es el de Orlando Flores, estudiante de la Licenciatura en Nutrición, quien fundó el negocio conocido como «El de los Bolis». Su emprendimiento se enfoca en la elaboración y venta de bolis y paletas, un producto tradicional que ha sabido reinventar

mediante un enfoque innovador. Además de la venta directa, Orlando ha expandido su negocio ofreciendo un servicio de carrito de paletas y bolis para eventos sociales y empresariales, lo que le ha permitido ampliar su alcance y diversificar su mercado.

Orlando ha manifestado su interés por continuar creciendo, acercándose al Centro de Innovación y Desarrollo Emprendedor (CIDE) en busca de asesoría para fortalecer su modelo de negocio y explorar nuevas oportunidades de expansión. Su historia refleja cómo la combinación de creatividad, iniciativa y formación académica puede dar lugar a emprendimientos exitosos, aun en sectores tradicionales. Orlando se perfila como un ejemplo de cómo los estudiantes del CUCOSTA aplican las competencias adquiridas para innovar y adaptarse a las demandas del mercado, demostrando que el emprendimiento puede ser viable en cualquier área profesional.

Por otro lado, es importante destacar la activa participación de los alumnos de Ingeniería Civil y Biología en las últimas ediciones de la Semana del Emprendedor. Estos estudiantes no solo han presentado proyectos innovadores en los stands del evento, sino que además han demostrado su capacidad para convertir ideas en iniciativas viables. En varias ocasiones, sus proyectos han sobresalido, obteniendo incluso el primer lugar gracias a su enfoque innovador, la creatividad en la solución de problemas y la aplicación práctica de conocimientos adquiridos durante su formación.

Esta participación refleja cómo el Centro Universitario fomenta la mentalidad emprendedora en disciplinas no tradicionales para el emprendimiento, como las ciencias e ingenierías, integrando competencias clave en

sus programas. El éxito de estos estudiantes es una muestra del impacto positivo que tiene la transversalidad del emprendimiento en la universidad, preparando a los alumnos no solo para el mercado laboral, sino también para liderar proyectos innovadores en sus respectivos campos.

## EL PAPEL DE LA CAPACITACIÓN CONTINUA

El CUCOSTA no solo se enfoca en la formación de estudiantes, sino también en ofrecer programas de capacitación continua para egresados, profesores y la comunidad en general. A través del Centro de Innovación y Desarrollo Emprendedor (CIDE), la universidad ha proporcionado asesoría y mentoría a emprendedores que desean lanzar sus propios negocios o innovar dentro de sus organizaciones.

Los profesores del CUCOSTA también se benefician de programas de actualización docente en áreas como la enseñanza del emprendimiento y el uso de metodologías innovadoras en el aula. Desde 2021, se han obtenido más de 86 certificaciones de profesores en áreas clave como el desarrollo de proyectos emprendedores y la enseñanza de la innovación. Esta capacitación ha permitido que los docentes no solo transmitan conocimientos técnicos, sino que también fomenten una cultura emprendedora en sus estudiantes.

## COMPARACIÓN CON OTRAS UNIVERSIDADES

El enfoque del Centro Universitario de la Costa puede ser comparado con el de otras universidades tanto en México como a nivel interna-

cional. Instituciones como el MIT y Babson College, han sido pioneras en la integración del emprendimiento en diversas disciplinas. Al igual que el CUCOSTA, estas universidades han adoptado un enfoque interdisciplinario, donde estudiantes de todas las carreras tienen acceso a programas de emprendimiento que les permiten desarrollar proyectos innovadores en sus respectivos campos.

La diferencia radica en que el CUCOSTA ha adaptado este enfoque al contexto regional, alineando sus programas con las necesidades del mercado local y promoviendo la creación de empresas que contribuyan al desarrollo económico de la región. Esta adaptabilidad ha sido clave para el éxito de sus programas de emprendimiento, y su experiencia puede servir de modelo para otras instituciones de la región que busquen integrar estas competencias en su currículo.

## RETOS Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD

A pesar de los logros obtenidos, la integración del emprendimiento y la innovación en la educación superior enfrenta varios desafíos. Uno de los principales obstáculos es la falta de recursos económicos y tecnológicos, lo que puede limitar la expansión de los programas de capacitación. Además, algunas disciplinas aún muestran resistencia a la inclusión de competencias emprendedoras, lo que requiere un cambio de mentalidad tanto entre profesores como estudiantes.

Para superar estos retos, es necesario fortalecer las alianzas estratégicas con el sector privado y las instituciones gubernamentales, lo que podría proporcionar mayores recursos financieros y tecnológicos. Además, la crea-

ción de fondos de inversión para proyectos estudiantiles permitiría que más ideas innovadoras lleguen al mercado.

## CONCLUSIONES

La integración transversal del emprendimiento y la innovación en la educación superior, como lo ha demostrado el CUCOSTA, es fundamental para preparar a los estudiantes para un mercado laboral en constante cambio. Al extender estas competencias a disciplinas diversas, la universidad ha logrado formar egresados capaces de liderar proyectos innovadores y de generar valor tanto en sus propias empresas como en organizaciones establecidas.

A medida que el CUCOSTA continúa desarrollando programas de capacitación y fortaleciendo sus alianzas estratégicas, es fundamental se realicen estudios longitudinales que evalúen el impacto de estos programas en la empleabilidad de los egresados y su capacidad para crear empresas sostenibles. Además, se recomienda la realización de investigaciones comparativas con otras universidades para identificar las mejores prácticas y adaptarlas al contexto institucional.

El CUCOSTA ha sentado un precedente importante en la educación emprendedora en la región, y su experiencia puede servir como modelo para otras instituciones que busquen fomentar una cultura de innovación y emprendimiento en sus estudiantes.

## LITERATURA RELEVANTE

Bravo, J. L. (13 de septiembre de 2024). Centro de Innovación y Desarrollo Emprendedor (CIDE).

- Campos Sánchez, A. y Marúm Espinosa, E. (coords.) (2022). *Formación emprendedora en la educación superior. Investigación y buenas prácticas*. México: Editorial Universidad de Guadalajara. <https://ulibros.com/formacion-emprendedora-en-la-educacion-superior-snsyc.html>
- Centro Universitario de la Costa. (2017). *Aprueban creación de Licenciatura en Ciencias y Artes Culinarias*.
- . (2017). *Actualización curricular 2017 (LICB)*. <http://www.cuc.udg.mx/es/mision-23>
- . (2024). *Licenciatura en Ingeniería Civil*. <http://www.cuc.udg.mx/es/objetivos-10>
- CIDE. (2024). *Incubadora de negocios*. Centro Universitario de la Costa. <http://www.cuc.udg.mx/es/centro-de-innovacion-y-desarrollo-emprendedor>
- Comisión Europea. (2020). *Fostering Innovation in Higher Education*.
- Kuratko, D. F. (2005). The Emergence of Entrepreneurship Education: Development, Trends, and Challenges. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 29(5), 577-597. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2005.00099.x>
- OCDE. (2021). *Entrepreneurship and Innovation in Higher Education Institutions*.
- Spigel, B. (2017). The Relational Organization of Entrepreneurial Ecosystems. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(1), 49-72. <https://doi.org/10.1111/etap.12167>
- Vargas, M. (27 de 08 de 2024). Comunicación personal.

# Copépodos: organismos esenciales del ecosistema y su efecto en la salud humana

María del Carmen Navarro-Rodríguez<sup>1</sup>, Marco Esau González-Navarro<sup>2</sup>,  
Fabio Germán Cupul-Magaña<sup>3</sup>

**RESUMEN:** Los copépodos son pequeños crustáceos que puebla al medio marino y dulceacuícola y forman parte del llamado zooplancton. Su registro geológico más antiguo se remonta a 300 millones de años atrás. Representan la mayor parte de la biomasa total en sus hábitats y son los componentes principales en la dieta de peces de importancia económica. Se conocen poco más de 16,000 especies, en México, especialmente en las costas de Jalisco y Colima, se ha registrado la presencia de 82 especies. A pesar de su diversidad en la región, es poco lo que de ellos se conoce. Ciertas especies son de importancia pues son huéspedes intermediarios de la dracunculosis, una enfermedad parasitaria causada por el nemátodo *Dracunculus medinensis*. Los copépodos son importantes indicadores de contaminación antropogénica e incluso, desempeña un papel clave como consumidores de petróleo en eventos de derrame.

*Palabras clave:* ecología, enfermedad parasitaria, dracunculosis, prevención, zooplancton.

## INTRODUCCIÓN

En los océanos, cuerpos estuarinos y aguas continentales, vive un grupo de animales con formas, tamaños y colores diversos flotando a la deriva y que son conocidos genéricamente como zooplancton. Su composición la define la presencia de estados de desarrollo, adultos y larvarios de animales microscópicos. Algunos de estos animales desarrollan todo su ciclo de vida dentro del zooplancton (holoplancton), mientras que otros sólo la parte larvaria (meroplancton).

Dentro del holoplancton se encuentran los copépodos, grupo de pequeños crustáceos de unos cuantos milímetros de longitud o menos, muy importantes (después de los malacostráceos en cuanto a número de especies) dentro

Recibido: 23/08/2024

Aceptado: 17/10/2024

Publicado: 18/10/2024

<sup>1,3</sup> Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

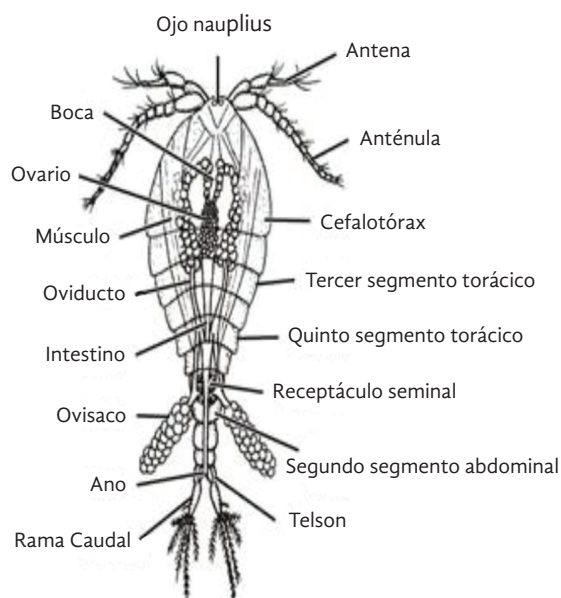
del zooplancton. Se han descrito más de 7,500 especies, las cuales son importantes en la biocenosis marina y dulceacuícola. Habitan casi todos los océanos, excepto las aguas de salinidades elevadas.

Existen numerosas especies estuarinas y dulceacuícolas, distribuyéndose desde aguas someras a grandes profundidades marinas, y algunas otras que viven en las películas de agua de los musgos, o bien en los suelos (hojarasca) de los bosques tropicales, por lo que es interesante la capacidad de estos organismos para adaptarse a los diversos tipos de ambientes, incluso en la actualidad se han descubierto hábitats como las inaccesibles cuevas que presentan aguas marinas o salobres y que no tienen conexión alguna con la superficie del mar generalmente situadas cerca de la costa, chimeneas hidrotermales, entre otras (Figura 1).

Ecológicamente, los copépodos de vida libres son de extrema importancia. Con

frecuencia ocupan el nivel de consumidores primarios en las comunidades acuáticas. Se han reconocido 16,000 especies de copépodos alrededor del mundo (Figuras 2 y 3). Un listado actualizado de los copépodos reconocidos en las lagunas costeras de Veracruz, reportan seis órdenes, 17 familias y 23 especies. Las especies repetitivas en el área estuarina sobresalientes fueron *Acartia lilljeborgii*, *A. tonsa*, *Pseudodiaptomus pelagicus*, *Temora turbinata*, *Arctodiaptomus dorsalis* y *Eucyclops agilis*.

En numerosas localidades marinas el copépodo del género *Calanus* constituye el organismo más numeroso en el zooplancton; representando la mayor proporción de la biomasa total. *Calanus* forma la mayor parte de las dietas de peces ecológica y económicamente importantes, tales como arenques, bacalaos, sardinas y las larvas de grandes peces; es un recurso alimenticio importante para las ballenas y tiburones. Otros géneros importantes que



**Figura 1.** Características estructurales internas y externas de los copépodos, formas y colores. Fuente: <https://www.asturnatura.com/temarios>; <https://mx.pinterest.com/pin/17310779807669323/> /biologia/crustaceos/copepodos#google\_vignette

constituyen una parte tanto del zooplancton marino como del plancton de agua dulce son *Cyclops* y *Diaptomus*.

Algunos investigadores señalan que entre las 44 especies los copépodos pelágicos del Pacífico centro (Jalisco), las más abundantes fueron *Subeucalanus subcrassus*, *Temora discaudata*, *Undinula vulgaris*, *Euchaeta marina*, *Centropages furcatus* y *Candacia catula*, las cuales representaron aproximadamente el 75% de los copépodos recolectados. Se han reportado 57 especies para el área de Bahía de Banderas (Jalisco-Nayarit), las más representativas fueron *Acartia tonsa*, *Acartia lilljeborgii*, *Oithona plumífera*, *Centropages furcatus*, *Nanocalanus minor*, *Subeucalanus subtenuis*, *Temora discaudata* y *Undinula darwinii*. De hecho, los copépodos del Pacífico central mexicano son los que menos atención han recibido a pesar de la importancia que tiene este grupo para tratar de explicar las variaciones planctónicas. Otros estudios indican que el total de especies registradas (480) son copépodos pelágicos de la zona costera.

Listado de algunas especies de copépodos registradas en las costas de Jalisco

Clase Copepoda
Orden Calanoida
Familia Acartiidae
<i>Acartia danae</i> (Giesbrecht, 1889)
<i>Acartia lilljeborgii</i> (Giesbrecht, 1889)
<i>Acartia tonsa</i> (Dana, 1849-1852)
Familia Aetideidae
<i>Aetideus bradyi</i> (A. Scott, 1909)
Familia Calanidae
<i>Undinula darwinii</i> (Lubbock, 1860)
<i>Undinula vulgaris</i> (Dana, 1849-1852)

Familia Calocalanidae
<i>Calocalanus pavo</i> (Dana, 1849-1852)
<i>Calocalanus styliremis</i> (Giesbrecht, 1888)
Familia Candaciidae
<i>Candacia catula</i> (Giesbrecht, 1889)
<i>Candacia curta</i> (Dana, 1849-1852)
<i>Candacia pachydactyla</i> (Dana, 1849-1852)
<i>Paracandacia truncata</i> (Dana, 1849-1842)
Familia Centropagidae
<i>Centropages furcatus</i> (Dana, 1849-1852)
<i>Centropages gracilis</i> (Dana, 1849-1852)
Familia Eucalanidae
<i>Pareucalanus sewelli</i> (Fleminger, 1973)
<i>Subeucalanus subcrassus</i> (Giesbrecht, 1888)
<i>Eucalanus inermis</i> (Giesbrecht, 1965)
<i>Subeucalanus mucronatus</i> (Giesbrecht, 1888)
<i>Seubucalanus pileatus</i> (Giesbrecht, 1888)
<i>Subeucalanus subtenuis</i> (Giesbrecht, 1888)
<i>Rhincalanus nasutus</i> Giesbrecht, 1888
Familia Euchaetidae
<i>Euchaeta indica</i> (Wolfenden, 1906)
<i>Euchaeta longicornis</i> (Giesbrecht, 1888)
<i>Euchaeta rimana</i> (Bradford, 1974)
Familia Metridinidae
<i>Pleuromamma abdominalis</i> (Lubbock, 1856)
Familia Pontellidae
<i>Labidocera acuta</i> (Dana, 1849-1852)
<i>Labidocera lubbockii</i> (Giesbrecht, 1892)
<i>Pontellina plumata</i> (Dana, 1849-1852)
<i>Pontellopsis regalis</i> (Dana, 1849-1852)
Familia Scolecithricidae
<i>Scolecithricella ctenopus</i> (Giesbrecht, 1888)
<i>Scolecithrix bradyi</i> (Giesbrecht, 1888)
<i>Scolecithrix danae</i> (Lubbock, 1856)

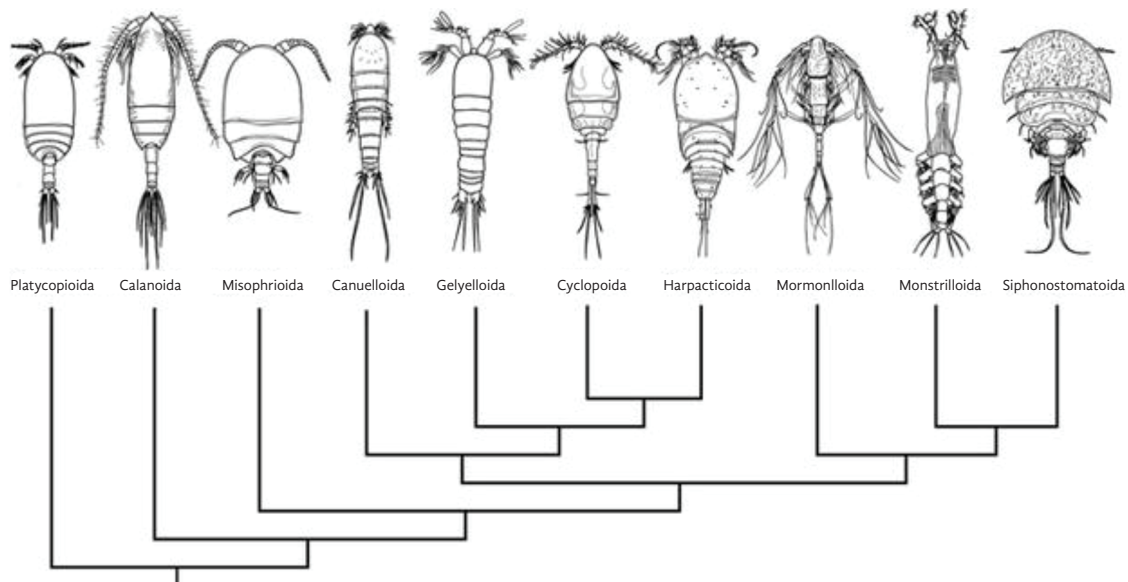


Figura 2. Clasificación y similitudes entre los órdenes de copéodos.

Fuente: Khodami *et al.* (2017). Uso libre. [https://www.researchgate.net/publication/319232086\\_Molecular\\_Phylogeny\\_and\\_Revision\\_of\\_Copepod\\_Orders\\_Crustacea\\_Copepoda](https://www.researchgate.net/publication/319232086_Molecular_Phylogeny_and_Revision_of_Copepod_Orders_Crustacea_Copepoda)

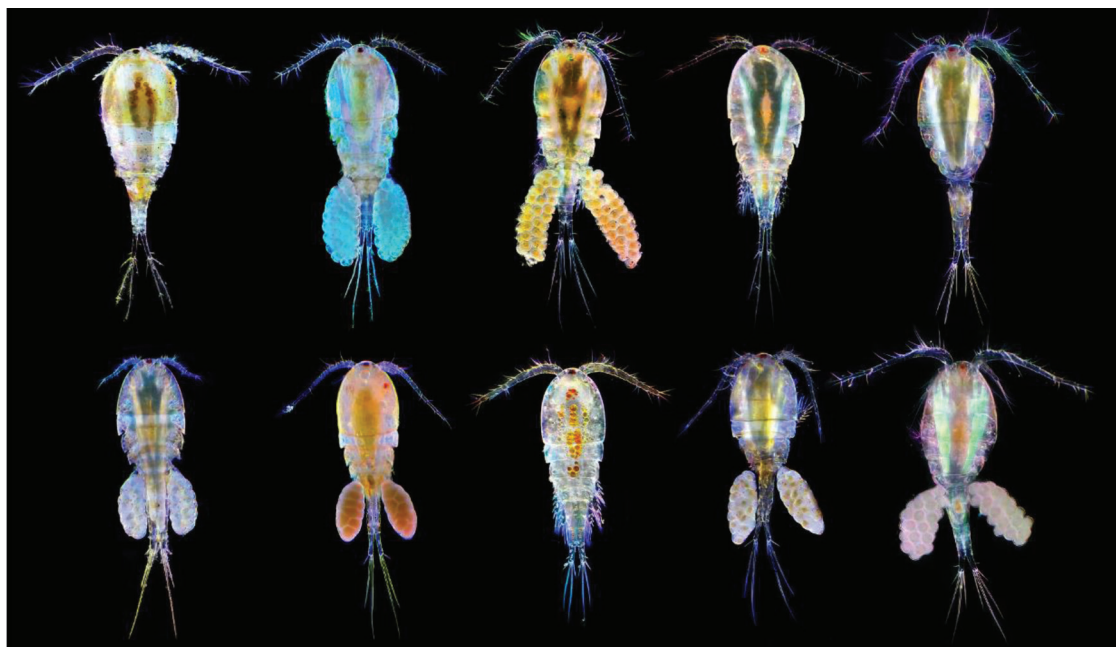


Figura 3. Diferentes especies de copéodos. Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Copepod>

## EVOLUCIÓN

A pesar de su abundancia moderna, debido a su pequeño tamaño y fragilidad (Figura 4), los copépodos son extremadamente raros en el registro fósil. Los fósiles de copépodos más antiguos que se conocen son del Carbonífero tardío alrededor de 303 millones de años, que fueron encontrados en un clasto de betún de una diamictita glacial. Los copépodos presentes en el clasto bituminoso probablemente residían en un lago subglacial en el que el betún se había filtrado hacia arriba cuando aún estaba líquido, antes de que el clasto se solidificara posteriormente y fuera depositado por los glaciares. Aunque la mayoría de los restos no fueron diagnosticados, al menos algunos probablemente pertenecían a la familia Canthocamptidae, lo que sugiere que los copépodos ya se habían diversificado sustancialmente en ese momento. Se conocen posibles microfósiles de copépodos del Cámbrico de América del Norte. Las transiciones al parasitismo han ocurrido dentro de los copépodos de forma independiente al menos en 14 momentos diferentes, siendo el registro más antiguo de esto el daño a equinoideos fósiles causado por *Ci-*

*lopoides* del Jurásico Medio, alrededor de 168 millones de años.

## ALIMENTACIÓN

En lo que respecta a su alimentación, son principalmente filtradores. La fracción básica de alimento de todos los filtradores es el fitoplancton, algunos estudios realizados observaron que *Calanus finmarchicus* es capaz de filtrar e ingerir de 11,000 a 373,000 diatomeas/hora. Por otro lado, los copépodos planctónicos de mares profundos, es decir, especies que habitan a más de 1000 m de profundidad, son carnívoros, omnívoros (que no tienen preferencia por algún tipo de alimento) o bien filtradores. Ecológicamente esta impresionante abundancia de copépodos adquiere una notable significancia en las cadenas alimentarias marinas, ya que conforman un gran porcentaje del eslabón de los consumidores primarios (herbívoros) y en menor porcentaje de los consumidores secundarios (carnívoros). Es importante señalar, que debido a su gran abundancia (500,000 a 1'000500,000 ind/m<sup>3</sup>), los copépodos constituyen una parte considerable como alimento de numerosas especies de peces de importan-

*Gaetanus brevispinu*

*Candancia armata*

*Labidoseira acuta*



Figura 4. Especies que se caracterizan por su tallas, formas y colores. Fuente: Luis Clemente Jiménez.

cia económica como la anchoveta, el arenque, entre otros. Se han realizado números análisis para definir el papel que tiene como alimento de larvas de peces ya que presentan una influencia directa o indirecta en la supervivencia de éstas. Algunos autores señalan que el papel de los copépodos en las pesquerías indica que también los estados naupliares (estadios larvales) de los copépodos, juegan un papel importante para la alimentación de las larvas de peces. Asimismo, estos organismos son consumidos por otros grupos integrantes del zooplancton, como las medusas, sifonóforos y quetognatos.

## COMPORTAMIENTO

Algunos copépodos tienen respuestas de escape extremadamente rápidas cuando detectan un depredador y pueden saltar a gran velocidad unos pocos milímetros. Muchas especies tienen neuronas rodeadas de mielina (para aumentar la velocidad de conducción), lo cual es muy raro entre los invertebrados. Aún más raro, la mielina está muy organizada, asemejándose a la envoltura bien organizada que se encuentra en los vertebrados. A pesar de su rápida respuesta de escape, los copépodos son cazados con éxito por los caballitos de mar.

Por otra parte, varias especies son bioluminiscentes y capaces de producir luz. Se supone que se trata de un mecanismo de defensa antidepredador. Encontrar pareja en el espacio tridimensional de aguas abiertas es un desafío, algunas hembras de copépodos solucionan el problema emitiendo feromonas, que dejan un rastro en el agua y que el macho puede seguir. Una estrategia de búsqueda de alimento implica la detección química de agregados de

nieve marina que se hunden y aprovechan los gradientes de baja presión cercanos para desplazarse rápidamente hacia las fuentes de alimento.

## PARASITISMO

Los copépodos parásitos presentan una capacidad de vivir prácticamente en cualquier animal acuático vertebrado e invertebrado, algunos otros tienen el potencial de afectar el crecimiento, la fecundidad y la supervivencia de los hospedadores. Estos organismos poseen estructuras específicas para adherirse a sus huéspedes, reportándose diversos sitios de anclaje para ellos, que incluyen: cavidad bucal, branquias, aletas pectorales, aletas dorsales y aletas caudales, entre otras. Se conoce la presencia de numerosas especies de copépodos parásitos de especies de peces marinos y dulceacuícolas, algunos de importancia económica. Los copépodos parásitos de los órdenes Notodelphyoidea, Monstrilloidea, Caligoida y Lernaepodoida, poseen más de mil especies y presentan una gran diversidad de modificaciones en sus estructuras corporales y en sus ciclos de vida, peces marinos y de agua dulce son huéspedes más frecuentes de la especie *Caligoides ternapodoides*, los que reciben el nombre común de piojos de peces, localizados en las branquias y aletas. Algunos otros son comensales o endoparásitos de poliquetos, equinodermos, tunicados, y bivalvos.

En tanto, numerosas especies de copépodos libres sirven como huéspedes intermedios de parásitos del hombre, tales como *Diphyllobothrium* (céstodo) y *Dracunculus* (nematodo) y de otros animales.

## IMPORTANCIA MÉDICA: Dracunculosis

### Epidemiología

África y Asia estuvieron alguna vez plagadas con la enfermedad del gusano de Guinea, cuya desaparición comienza conforme se presentaron mejoras en el tratamiento del agua a partir del siglo XIX.

En 1986, la Asamblea Mundial de la Salud adoptó una resolución solicitando la erradicación de esta enfermedad, se estima que había 3.5 millones de casos por año en 21 países con 120 millones de personas. Para el 2020 se notificaron seis probables casos humanos de dracunculosis a la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la aldea Duli, distrito de Gog, Etiopía y reportándose un séptimo el 27 de abril del mismo año por el Programa de Erradicación de la Dracunculosis de Etiopía (EDEP).

### Fisiopatología

La enfermedad del gusano de Guinea, o dracunculosis, es una enfermedad parasitaria causada por el nematodo *Dracunculus medinensis*. Las personas se infectan cuando beben agua contaminada con copépodos *Cyclops*, los cuales son el vector de la enfermedad. Al beber dicha agua sin filtrar, los copépodos se disuelven en el jugo gástrico y se liberan las larvas de *D. medinensis*, ingresando al estómago y a la pared intestinal del huésped para posteriormente avanzar a la cavidad abdominal y al espacio retroperitoneal. Después de la maduración, hasta convertirse en adultos y ocurrido el apareamiento, el cual sucede en el tejido conectivo tres meses después de la infección, el macho muere y la hembra migra a las extremidades inferiores para llegar a tejido subcutá-

neo (esto entre los ocho y diez meses después de la infección).

Aproximadamente al año, tras la infección, el gusano hembra aparece a través de la piel ocasionando la formación de una ampolla la cual es acompañada de una intensa sensación de ardor y picazón. Las personas infectadas suelen sumergir las áreas afectadas en fuentes de agua para aliviar la sintomatología. Al hacer esto la hembra emerge y libera las larvas en el medio acuático, así el copépodo ingiere las larvas, volviéndose infeccioso después de dos semanas y dos mudas. Cabe destacar que dichas fuentes de agua también suelen ser utilizadas para el consumo humano, completando así el ciclo (Figura 5).

### Clínica

Las características clínicas de la dracunculosis incluyen fiebre leve, erupción cutánea con picazón, náuseas, vómitos, diarrea y mareos. También se ha reportado la presencia de áreas con hinchazón serpigínea, indurada y espesa, zonas con hiperpigmentación de color negro pardusco con apariencia levantada e incluso afectación periocular con edema y enrojecimiento con picazón y sensación de hormigueo.

### Tratamiento y prevención

La dracunculosis rara vez es mortal y la única manera de tratar al paciente es mediante la extracción lenta del gusano hembra emergente (Figura 6), puede durar semanas en las cuales el individuo debe de estar incapacitado para realizar sus actividades cotidianas.

No existe tratamiento ni vacuna eficaz para abordar esta patología, sin embargo, la infección se puede prevenir educando a la población sobre el origen de la enfermedad, evi-

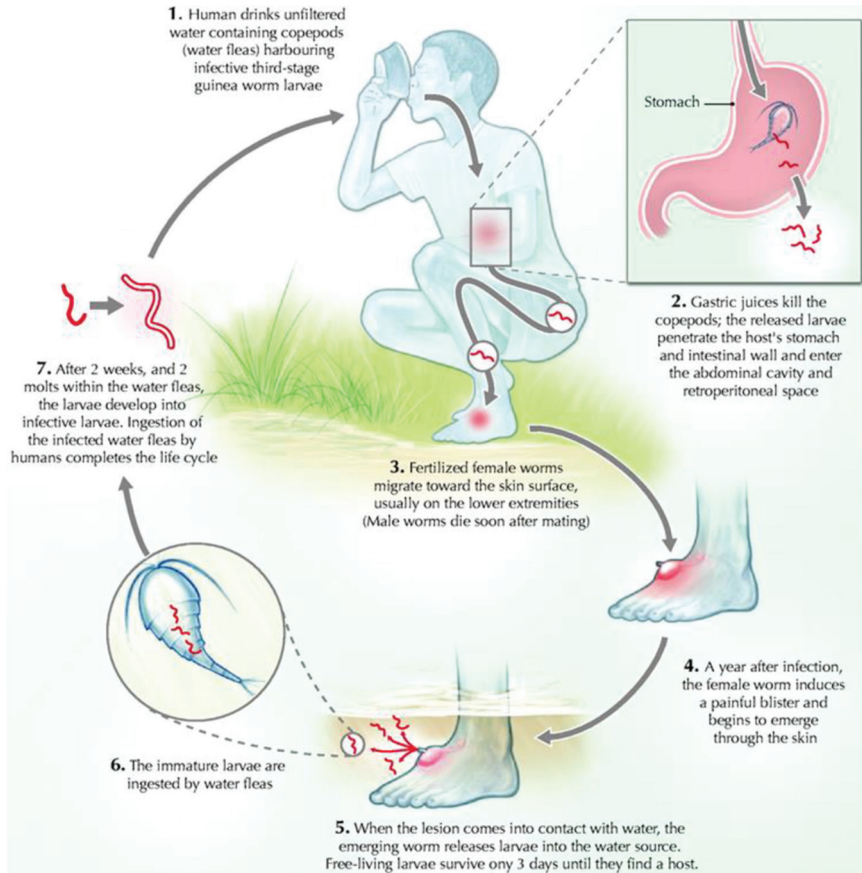


Figura 5. Ciclo de vida del gusano de Guinea. Fuente: Greenaway (2004). Uso libre. <https://www.cmaj.ca/content/170/4/495>

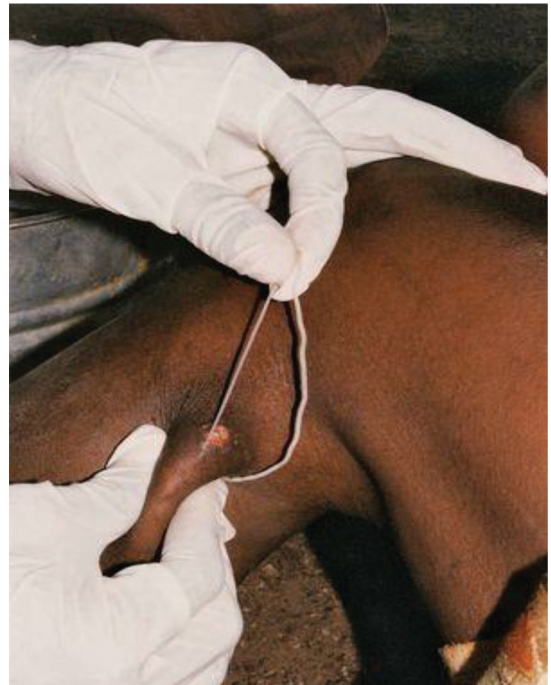


Figura 6. Extracción de un gusano hembra que emerge de la pierna de una persona con dracunculosis. Fuente: Rogers, K. (2018). Uso libre. <https://www.britannica.com/science/guinea-worm-disease>

tando que las personas infectadas ingresen a fuentes de agua potable, filtrando toda el agua de consumo humano a través de una tela finamente tejida que elimine los copépodos, el uso de larvicidas en estanques u otras fuentes de agua potable con la finalidad de proporcionar agua limpia y segura a la población.

## IMPORTANCIA

Estos organismos no son solamente médicamente o ecológicamente importantes, o porque son fuente principal de alimento de numerosas especies de peces de interés comercial, sino porque son indicadores clave de contaminación antropogénica (por hidrocarburos o aguas residuales).

Se han identificado como consumidores de petróleo, por lo que son considerados en algunas regiones como un factor importante de limpieza de la contaminación de este producto durante los derramamientos, tal es el caso de *Temora longicornis*, que ha sido caracterizada como una especie que tiene la capacidad de metabolizar los hidrocarburos liberando los restos al fondo del mar en partículas diminutas. También son indicadores de la presencia de masas de agua o corrientes a través de los cambios de temperaturas, son alrededor de 20 a 25 especies pelágicas que son identificadas como indicadoras de fenómenos reconocidos en aguas sudamericanas (Argentina y Brasil).

Se ha comprobado que algunas especies de copépodos pueden transmitir toxinas del medio ambiente a las cadenas alimentarias o niveles tróficos superiores. Algunos autores refieren que el comportamiento de algunos copépodos pelágicos durante los fenómenos de marea roja, se han encontrado algunas es-

pecies del género *Acartia* que son capaces de acumular y retener en sus tejidos las toxinas de los dinoflagelados que provocan la marea roja y al ser ingeridos por los peces, causar la muerte por intoxicación indirecta como se ha observado en la sardina *Clupea harengus*.

Otro aspecto, es que, en el acuífero de Matehuala, San Luis Potosí, presenta niveles de arsénico que exceden la normativa mexicana para la protección de la vida acuática, no obstante, existe presencia de zooplancton y bioconcentración de arsénico. Dichos resultados señalan los grupos zooplanctónicos principalmente rotíferos, cladóceros y copépodos que habitan en sistemas acuáticos de Matehuala y evidencian su existencia en agua altamente contaminada con arsénico, especies como *Paracyclops chiltoni* y *Eucyclops chihuahuisis*, que podrían utilizarse como bioindicadores regionales de calidad del agua. Los resultados evidencian organismos de relevancia biológica y social, sensibles a la contaminación por arsénico que podrían probarse como indicadores de calidad en el resto del país.

## CONCLUSIÓN

Numerosos ambientes marinos permanecen sin ser estudiados en nuestro país, específicamente en el Pacífico tropical mexicano, como los estratos profundos (por debajo de los 300 m), las zonas plenamente oceánicas frente a nuestras costas y los ambientes epibentónicos. Los copépodos no son un grupo que se haya reconocido recientemente, grandes naturalistas y zoólogos de épocas lejanas (Aristóteles, Hooke y Linneo) habían notado dicha existencia, a pesar de ello, las especies más estudiadas han sido principalmente del Atlántico

y del Pacífico dejando un enorme hueco sobre las especies estuarinas, acuícolas y terrestres. Además de ser organismos de gran impacto y relevancia biológica, debemos de considerar el ámbito social (sanitario y económico), enfatizando en las repercusiones que tiene la dracunculosis en el hombre y considerar esta enfermedad como todo un reto para el sector salud en países con alta precariedad socioeconómica, a pesar que esta enfermedad ha sido puntualizada como erradicada hace más de un siglo y medio. Lamentablemente se siguen presentando casos aislados, esto lo convierte en un indicador importante en las deficiencias a tratar en la salud pública, por lo que es de suma importancia dar la atención necesaria y continuar con estudios sobre los copépodos con diversos enfoques.

## LITERATURA RELEVANTE

- González-Padilla, J. A., Navarro-Rodríguez, M. C., González-Guevara, L. F. y Flores-Vargas, R. (2017). Variación espacio-temporal de los quetognatos de Bahía de Banderas durante un ciclo anual. *Acta Pesquera*, 3(6), 21-33.
- Hickman, C. P., Roberts, S. L. y Hickman, F. M. (1991). *Principios Integrales de Zoología*. 8va ed. Interamericana McGraw-Hill.
- Hopkins, D. R., Weiss, A. J., Torres-Velez, F. J., Sapp, G. H., y Ijaz, K. (2022). Dracunculiasis Eradication: End-Stage Challenges. *The American Journal of tropical medicine and hygiene*, 107(2), 373-382.
- Islam, M. R., Mir, S. A., Akash, S., y Dhama, K. (2023). Dracunculiasis (Guinea worm disease), a parasitic infection: epidemiology, life cycle, prevention, treatment, and challenges - correspondence. *Annals of Medicine and Surgery*, 85(5), 2264-2265.
- Jiménez-Pérez, L. C. (2016). Estructura de las comunidades de copépodos de Bahía de Banderas durante La Niña 2008-2009 y su transición hacia El Niño 2009-2010. *Bio Ciencias*, 4(2),82-103.
- Navarro-Rodríguez, M. C., Flores-Vargas, R., González-Guevara, L. F., Amparán Salido, R. T. y Téllez López, J. (2011). *Diversidad biológica y ambientes naturales en la costa de Jalisco: ensayos de divulgación científica*. Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.
- Navarro-Rodríguez, M. C., Flores-Vargas, R., y González-Guevara, L. F. (2015). Variación estacional de los principales grupos zooplanctónicos del área natural protegida estero El Salado, Jalisco, México. *Bio Ciencias*, 3(2),103-115.
- Suárez-Morales, E., Franco-Gordo, C., y Saucedo-Lozano, M. (2000). On the pelagic copepod community of the Central Mexican tropical Pacific (Autumm190). *Crustaceana*, 73(6),751-761.

