ISSN 2992-6807
Número 10
julio - diciembre, 2026

Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de la Costa

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*



DIRECTORIO
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Karla Alejandrina Planter Pérez
Rectora General
Héctor Raúl Solís Gadea
Vicerrector Ejecutivo
Jaime Federico Andrade Villanueva
Vicerrector Adjunto Académico y de Investigación
María Guadalupe Cid Escobedo
Vicerrectora Adjunta Administrativa
César Antonio Barba Delgadillo
Secretario General
María Esther Avelar Álvarez
Rectora del Centro Universitario de la Costa
L. Rebeca Mateos Morfín
Secretaria Académica
María del Consuelo Delgado González
Secretaria Administrativa
Lino Francisco Jacobo Gómez Chávez
Coordinador de Investigación y Posgrados

EDITOR EN JEFE
Fernando Vega Villasante

CONSEJO EDITORIAL
María Esther Avelar Álvarez
L. Rebeca Mateos Morfín
María del Consuelo Delgado González
José Carlos Cervantes Ríos
Fabio Germán Cupul Magaña
Lino Francisco Jacobo Gómez Chávez
Fernando Vega Villasante

EDITORES ASOCIADOS
Liza Danielle Kelly Gutiérrez
Biología y Química
Stella Maris Arnaiz Burne
Turismo y Desarrollo Sustentable
Jesús Cabral Araiza
Ciencias Médicas y de la Salud
Remberto Castro Castañeda
Ciencias de la Conducta
Luis Javier Plata Rosas
Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra
Gabriela Andrea Scartascini Spadaro
Educación y Humanidades
Marco Antonio Delgadillo Guerrero
Ciencias Sociales y Económicas
Saúl Rogelio Guerrero Galván
Biotecnología y Ciencias Agropecuarias
Jorge Ignacio Chavoya Gama
Ingenierías y Arquitectura
Olimpia Chong Carrillo
Multidisciplinaria

EDITORES ASOCIADOS EXTERNOS
Héctor Gerardo Nolasco Soria
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. México
Alfonso Álvarez González
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México
Dora Luz Flores
Universidad Autónoma de Baja California. México
David Julián Palma Cancino
Universidad Popular de La Chontalpa. México
Eduardo Gómez Encarnación
Benemérita Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco. México
Cristina Chávez Chong
Universidad de Potsdam. Alemania
Alfonso Silva Lee
Cuba
Sergio Palma
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile

CUIDADO DE LA EDICIÓN
Laura Biurcos Hernández

DISEÑO E ILUSTRACIÓN DE PORTADA
Francisco Gerardo Herrera Segobiano





REGISTRO DE ARTÍCULOS: lucidum.ciencia@cuc.udg.mx

LUCIDUM CIENCIA. Año 5, Núm. 10, julio-diciembre 2026, 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 18 de diciembre de 2026.

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 5

Invisibles pero dañinos: el desafío de los contaminantes emergentes
José Luis García-Cruz, Gabriel Núñez-Nogueira, Graciela María Pérez-Jiménez, Mario José Romellón-Cerino, José Reyes-Osorio y César Antonio Sepúlveda-Quiroz 7

Alcohol en femenino: una adicción entre el silencio y el estigma
Yadira Hernández Rodríguez 16

Cuando el agua sobra... pero también falta: el gran reto hídrico de Villahermosa
David Antonio Garcia-Reyes, César Antonio Sepúlveda-Quiroz, Jonathan Alejandro González-García, Antonio Priego-Clemente, Rosela Granados-Andrade y Luz Alondra Katt-Morales 22

El poder de digerir: la capacidad digestiva de los organismos acuáticos
Héctor Rodrigo Nolasco-Alzaga, Ernesto Goytortua Bores y Dariel Tovar-Ramírez 28

El museo donde los parásitos cuentan historias. Un viaje por el legado científico del Museo de Medicina Tropical Carlos J. Finlay
Anabel Hernández Ruiz 36

p53: guardián del genoma o cómplice del cáncer
Andrea Capaceta-Osuna, María Esther Ocharan-Hernández, Estibeyesbo Said Plascencia-Nieto, Haruki Arévalo-Romero, Moisés León-Juárez y Macario Martínez-Castillo 40

La mosca mexicana de la fruta: un enemigo local que pone en jaque a México
Víctor Manuel Almaraz-Valle, Carlos Eduardo Aguilar-Castillo, Rubén Santillán-Castillo y Harol Gabriel Revelo-Tobar 48

Modelar las lluvias del futuro: matemáticas y tecnología como una bola de cristal para evitar desastres
María Fernanda Jiménez Alegría, Juan Carlos González Aguirre y Alam Yair Hidalgo 53

¿El gato... está por domesticar?
Alfonso Silva Lee 60

Las preguntas al Poder: saberes y metodologías por descubrir con la inteligencia artificial (generativa)
Gabriela Scartascini Spadaro 67

Manos de carrizo: sabor, cultura y una identidad recuperada
Diana Pérez-de Jesús, Juan Lorenzo Reta-Mendiola, Alberto Asiain-Hoyos, Pablo Díaz-Rivera, Manuel A. Vargas-Ceballos, Luis Héctor Hernández-Hernández y Fernando Vega-Villasante 75

Pseudocercospora griseola: el hongo que amenaza al frijol y a la seguridad alimentaria
Catherine Mayo Ruiz, Alam Yair Hidalgo, Erika Madeleyne Ramos-Rivera, Lucero Vázquez Cruz, Abril Sánchez-Ordóñez y Miguel Ángel Vilchis-Reyes 80

De residuos agrícolas a materiales para limpiar el agua: el potencial del cacao y la piña
Nelson de Jesús López-Acopa, Kristal de María Jesús-de la Cruz, Yovana Gutiérrez-Gutiérrez, Héctor Martínez-García, Hortensia Eliseo-Dantés y Zenaida Guerra-Que 88

Ajolotes: maestros de la adaptación
Elizabeth Gómez Estrada, Alex Moran Vizcarra, Cristóbal Mendoza Sandoval, Perla Careli González Contreras, Alexa Yuliana Castellanos Sánchez, Nayeli Elizabeth Bermúdez Rojas y Zinnia Edith Aguirre García 98

La salinera de Cuyutlán en Colima: entre la tradición y la actualidad; historia, retos y perspectivas
Lesly Nataly Verdin Gómez, Adrián Tintos Gómez, Rebeca Yasmín Pérez Rodríguez, Eduardo Ramírez Ayala, Miguel Ángel Arguello Pérez, Francisco Alberto Zepeda González, Nadia Azenet Pelallo Martínez y Marcos Rubén Ortega Álvarez 106

El regreso de los viejos hábitos: ¿por qué reaparecen conductas que creíamos superadas?
Carlos Flores y L. Rebeca Mateos 115

Planear el futuro: los municipios de Jalisco y su desarrollo
Macedonio León Rodríguez Avalos y Horacio Ramírez Rodríguez 122

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

EDITORIAL

La ciencia como una forma de mirar el mundo

La ciencia empieza casi siempre con una pregunta y algunas de estas aparecen cuando vemos cosas cotidianas. Otras aparecen cuando hay problemas de salud, en el uso de los recursos naturales o de convivencia. También hay preguntas que hacen volver a mirar lo que creíamos saber y hacen ver que, aun en temas familiares, hay dudas sin respuesta. En todas esas preguntas vemos lo mismo: el ser humano quiere entender el mundo y, en la medida que pueda, cambiarlo.

Con esa idea presentamos el décimo número de *LUCIDUM CIENCIA*. Este número reúne diecisiete trabajos de diferentes áreas del conocimiento que muestran distintas miradas para enfrentar los retos de hoy. Desde las ciencias naturales y la salud hasta las ciencias sociales, las humanidades y las nuevas tecnologías, los trabajos nos recuerdan que el conocimiento no tiene fronteras cuando se trata de explicar la realidad.

El medio ambiente y sus cambios ocupan un lugar importante en este número. Los contaminantes emergentes, los problemas de gestión del agua en ciudades como Villahermosa, la posibilidad de usar residuos agrícolas para crear materiales que traten el agua y los modelos matemáticos para predecir lluvias futuras, todo eso muestra distintas caras de una misma preocupación: la relación con los recursos naturales y la necesidad de buscar soluciones basadas en la ciencia. A esas reflexiones se añaden los retos que enfrentan la agricultura y la seguridad alimentaria cuando aparecen organismos que pueden dañar cultivos.

La biología lleva a procesos muy interesantes. La forma en que los animales acuáticos digieren, las adaptaciones sorprendentes de los ajolotes, las funciones de la proteína p53 en el cáncer y las preguntas que aún quedan sobre cómo se domesticó al gato son ejemplos de cuánto falta por entender de los seres vivos. En este recorrido también se ve un museo donde los parásitos ya no son solo objetos de estudio médico, sino también testimonios de la historia de la investigación y de las

personas que la hicieron. Pero comprender el mundo también requiere mirar dentro de nosotros. El consumo problemático de alcohol entre las mujeres, el consumo marcado por silencios y estigmas sociales, nos hace pensar en cómo la salud cambia de significado según la cultura. El estudio de la reaparición de conductas que creímos superadas nos muestra que el comportamiento humano no tiene explicaciones fáciles. Los dos trabajos dejan claro que debemos acercarnos a las personas con conocimiento, con comprensión y con una mirada sin prejuicios.

Las ciencias sociales y las humanidades también buscan entender la relación entre conocimiento, poder, identidad y desarrollo. La inteligencia artificial generativa ofrece nuevas posibilidades metodológicas. La planeación municipal en Jalisco plantea desafíos. La recuperación de saberes y tradiciones del langostino manos de carrizo y de la producción salinera de Cuyutlán muestra que investigar también es preservar memorias, cuestionar prácticas y proponer nuevas formas de interpretar y organizar la vida colectiva. La innovación tecnológica y los conocimientos tradicionales no son opuestos; ambos pueden ayudar a entender el presente y a crear alternativas para el futuro.

Esta variedad de temas es una de las mayores fortalezas de *LUCIDUM CIENCIA*. Creemos que la divulgación científica no solo traduce conceptos especializados a un lenguaje accesible. La divulgación también despierta la curiosidad, estimula el pensamiento crítico y genera encuentros entre disciplinas, experiencias y formas de conocimiento que normalmente están separadas. Divulgar ciencia significa reconocer que el conocimiento se vuelve más social cuando lo comparten, lo discuten y lo hacen propios públicos diversos.

Al llegar a nuestro décimo número, reafirmamos el compromiso de ofrecer un espacio editorial abierto a la pluralidad del pensamiento científico y a la comunicación del conocimiento en todas sus expresiones. Cada contribución muestra no solo el esfuerzo de los autores, sino también la convicción de que investigar y compartir lo aprendido son actividades inseparables. Agradecemos a los autores que enviaron sus trabajos, a los revisores y a los colaboradores en el diseño y diagramación de la revista ya que con su tiempo y su experiencia mejoran cada edición. Agradecemos también a los lectores, cuya curiosidad y ganas de acercarse a nuevas ideas dan sentido a este proyecto editorial.

Los invitamos a recorrer las páginas de este número con la misma curiosidad que anima a quienes investigan. Quizá encuentren respuestas a algunas de sus preguntas, pero esperamos, sobre todo, que descubran otras nuevas.

Porque, después de todo, la ciencia no solamente nos ayuda a encontrar respuestas: también nos enseña a formular mejores preguntas.

Dr. Fernando Vega-Villasante

Editor en Jefe

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Invisibles pero dañinos: el desafío de los contaminantes emergentes

José Luis García-Cruz[1], Gabriel Núñez-Nogueira[2], Graciela María Pérez-Jiménez[3], Mario José Romellón-Cerino[1], José Reyes-Osorio[1] y César Antonio Sepúlveda-Quiroz[1]

RESUMEN. Los contaminantes emergentes constituyen un grupo amplio de compuestos químicos, entre los que se incluyen fármacos, productos de cuidado personal, microplásticos y sustancias perfluoroalquiladas (PFAS) cuya presencia en el ambiente ha sido evidenciada gracias al desarrollo de nuevas tecnologías. Aunque muchos de estos compuestos llevan décadas siendo utilizados, recientemente ha sido posible detectarlos en concentraciones pequeñas en aguas superficiales, suelos, aire e incluso tejidos biológicos. Su persistencia, bioacumulación y potencial toxicidad, incluso a niveles mínimos, plantean serias interrogantes sobre sus efectos en los ecosistemas y la salud humana. Este artículo revisa las principales familias de contaminantes emergentes, sus fuentes, vías de exposición, impactos ecológicos y los desafíos analíticos y regulatorios asociados a su estudio.

Palabras clave: ecotoxicología, microplásticos, PFAS, disruptores endocrinos, bioacumulación.

¿QUÉ SON LOS CONTAMINANTES EMERGENTES?

Los contaminantes emergentes son un grupo muy variado de sustancias químicas que, aunque llevan años entre nosotros, solo recientemente hemos empezado a detectar en ríos, mares, suelos e incluso en el aire que respiramos. Esto ha sido posible gracias a que hoy disponemos de tecnología mucho más avanzada. No son necesariamente químicos «nuevos» (muchos se fabrican desde hace dé-

[1] Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Villahermosa.
[2] Laboratorio de Contaminación Acuática y Toxicología, División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
[3] Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Recibido: 16/04/2026
Aceptado: 11/08/2026
Publicado: 19/08/2026

cadas), sino que ahora podemos verlos donde antes era imposible. Lo preocupante de estos contaminantes es que, aunque están presentes en cantidades mínimas (hablamos de nanogramos por litro, es decir, algo así como una gota diminuta en una piscina olímpica), pueden causar daños significativos a los ecosistemas y, potencialmente, a nuestra salud. Además, muchos de ellos son auténticos «viajeros incansables»: resisten la degradación durante muchísimo tiempo y pueden acumularse en los organismos vivos, pasando de unos seres a otros a través de la cadena alimentaria. Los científicos los llaman «emergentes» no porque hayan aparecido ahora, sino porque ha emergido la preocupación sobre ellos. De repente, nos hemos dado cuenta de que estamos rodeados de sustancias que pueden estar afectando al planeta y a nosotros mismos de formas que todavía no terminamos de comprender.

¿CÓMO LLEGAMOS A DESCUBRIRLOS? UN POCO DE HISTORIA

Hasta finales de los años 90, los científicos solo podían detectar contaminantes que estuvieran presentes en cantidades relativamente altas. Los métodos analíticos de aquel entonces tenían un «límite» de detección que dejaba fuera todo lo que estuviera en concentraciones muy bajas. Con la llegada de equipos mucho más sofisticados (especialmente los espectrómetros de masa de alta resolución, unas máquinas capaces de identificar sustancias por su peso molecular con una precisión increíble), de repente los científicos pudieron observar compuestos que antes pasaban completamente desapercibidos.

Uno de los descubrimientos que más sorprendió a la comunidad científica ocurrió a finales de los 90 y principios de los 2000, cuando varios equipos de investigación empezaron a encontrar medicamentos en ríos y arroyos de todo el mundo. Antibióticos, antiinflamatorios como el ibuprofeno, hormonas, antidepresivos, entre otros, todos ellos terminaban en el agua después de ser excretados por nuestro cuerpo o de tirar medicamentos por el desagüe. Este hallazgo generó una gran preocupación, porque estos compuestos fueron diseñados específicamente para ser biológicamente activos, es decir, para producir efectos en los organismos vivos.

Poco después, los científicos empezaron a observar alteraciones en peces de algunos ríos. En ciertas zonas de Inglaterra y Estados Unidos, por ejemplo, los machos estaban desarrollando características femeninas: producían vitelogenina, una proteína típica de las hembras necesaria para formar los huevos. La causa resultó ser la presencia de estrógenos de los anticonceptivos orales que llegan al agua a tra-

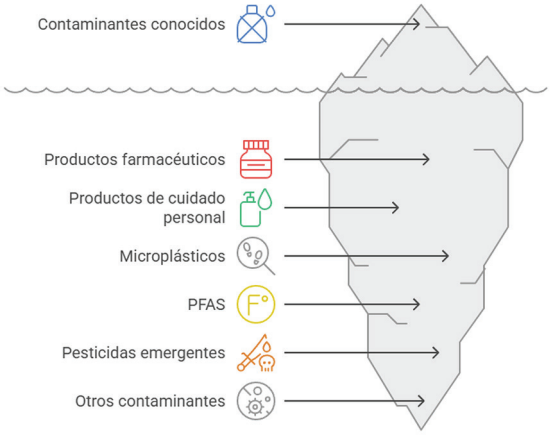


Figura 1. Representación de la cantidad contaminantes conocidos contra los que son emergentes. Fuente: imagen generada con Napkin AI.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

vés de la orina y que algunas plantas de tratamiento de aguas residuales no están diseñadas para eliminar estos compuestos y su eficiencia de remoción puede ser variable. Recientemente, se han descubierto dos problemas importantes, los microplásticos y los «químicos eternos» o PFAS (sustancias perfluoroalquiladas), llamados así porque prácticamente no se degradan nunca y permanecen en el ambiente. También se sabe que los contaminantes no actúan de forma aislada, en el ambiente, siempre aparecen en mezclas complejas, y sus efectos pueden interactuar de manera aditiva, antagonista o sinérgica, dependiendo de los compuestos y las condiciones de exposición.

PRODUCTOS FARMACÉUTICOS

Cada vez que tomamos un medicamento, nuestro cuerpo solo aprovecha una parte. El resto lo eliminamos a través de la orina y las heces, y desde ahí viaja al inodoro. Las plantas de tratamiento de agua están diseñadas principalmente para eliminar materia orgánica, no están preparadas para eliminar compuestos tan complejos y resistentes como los fármacos.

- Antibióticos: Su presencia continua en el ambiente está ayudando a crear un problema de salud pública global, las «superbacterias» resistentes. Cuando las bacterias del ambiente se exponen a bajas dosis de antibióticos de forma continua desarrollan mecanismos de resistencia, en el futuro, infecciones que hoy tratamos con facilidad podrían volverse mortales.
- Hormonas: Las pastillas anticonceptivas liberan estrógenos sintéticos (etinilestradiol) que, aunque sea en cantidades mínimas, se ha demostrado que alteran el sistema reproductivo de peces y anfibios poniendo en riesgo poblaciones enteras.
- Antidepresivos: Los inhibidores selectivos de ciertos neurotransmisores cambian el comportamiento de los organismos, alterando sus patrones de alimentación y reproducción.
- Antiinflamatorios: Algunos de estos fármacos se han detectado en aguas superficiales. De igual manera se relacionan con diversos eventos de muertes masivas de organismos.

PRODUCTOS DE CUIDADO PERSONAL

Esa crema hidratante que usas cada mañana, el protector solar, el maquillaje o incluso tu perfume favorito contienen sustancias que terminan en el medio ambiente. Millones de personas usan estos productos a diario, lo que supone un aporte continuo y masivo de estas sustancias a través de las aguas residuales domésticas.

Los ingredientes más preocupantes:

- Filtros UV: Los protectores solares contienen compuestos como la oxibenzona (benzofenona-3) o el octinoxato que, aunque nos protegen a nosotros de las radiaciones solares, dañan gravemente los corales y otros organismos marinos.
- Triclosán y triclocarbán: Estos antibacteriales estuvieron presentes durante años en jabones, pastas dentales, cosméticos e incluso en textiles y plásticos. El triclosán altera el equilibrio de microorganismos en ríos y suelos, afecta a las algas y puede contribuir también al desarrollo de resistencias bacterianas.

- Fragancias sintéticas: Los aromas artificiales presentes en muchos perfumes, cremas y detergentes son compuestos lipofílicos, es decir, se acumulan en las grasas. Se han encontrado estos compuestos en peces de lagos y ríos de todo el mundo, e incluso en la leche materna humana.
- Parabenos: Estos conservantes, usados masivamente en cosmética y también en alimentos, tienen una débil actividad estrogénica, lo que significa que pueden imitar a las hormonas femeninas en nuestro cuerpo. Se han detectado en tejidos humanos, incluyendo tejido mamario, y aunque su seguridad sigue siendo objeto de debate, cada vez más fabricantes están optando por eliminarlos de sus productos.

MICROPLÁSTICOS

Los microplásticos son fragmentos de plástico más pequeños que un grano de arroz (menos de 5 milímetros). Pueden venir de dos fuentes principales: Primarios: Se fabrican así a propósito, como las microesferas que antes se usaban en exfoliantes faciales, pastas de dientes y geles de ducha. También incluyen los pellets de plástico que se utilizan como materia prima en la industria, y que a menudo se pierden durante el transporte. Secundarios: Se forman cuando objetos plásticos más grandes (bolsas, botellas, redes de pesca, neumáticos, pinturas) se van rompiendo con el sol, las olas, el roce y la intemperie. Este proceso de fragmentación puede continuar hasta generar partículas microscópicas. Un estudio reciente estimó que, de media, una persona podría ingerir el equivalente a una tarjeta de crédito en microplásticos cada semana, aunque esta cifra varía mucho según la dieta y el lugar donde se viva.

Pero lo más preocupante de los microplásticos es que actúan como «autobuses» o «vectores» de otros contaminantes. Al ser como pequeñas esponjas (y debido a su naturaleza hidrofóbica, que repele el agua), absorben y concentran otras sustancias tóxicas presentes en el agua, como pesticidas, metales pesados o los propios fármacos.

PFAS: LOS QUÍMICOS ETERNOS

Si has usado alguna vez una sartén antiadherente (como las de teflón), una chaqueta impermeable, un envase de comida rápida, o incluso algunos hilos dentales y cosméticos, has estado en contacto con los PFAS (sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas). Esta familia química incluye más de 4,700 compuestos diferentes, todos ellos con una característica común: tienen cadenas de carbono completamente o parcialmente fluoradas. El enlace entre el carbono y el flúor es uno de los más fuertes de la química orgánica, tan potente que prácticamente nada en la naturaleza puede romperlo. Por eso se llaman «químicos eternos»: una vez que se liberan al ambiente, permanecen en él, durante largos periodos de tiempo sin descomponerse.

Se han utilizado desde los años 40 por sus increíbles propiedades: repelen el agua y las grasas, son resistentes al calor y a la degradación química, y proporcionan superficies antiadherentes. Pero esas mismas propiedades que los hacen tan útiles en la industria los convierten en un problema ambiental mayúsculo.

Los PFAS más conocidos y estudiados son el PFOA (ácido perfluorooctanoico) y el PFOS

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

(sulfonato de perfluorooctano), aunque la industria los ha ido sustituyendo por otros compuestos de cadena más corta (como el PFHxS o el PFNA) cuando se demostró su toxicidad. El problema es que estos sustitutos, los llamados «lamentables sustitutos», pueden tener perfiles toxicológicos similares o incluso desconocidos.

Su capacidad para bioacumularse es notable: aunque no se acumulan principalmente en grasas como otros contaminantes, se fijan a las proteínas de la sangre y se acumulan en el hígado y los riñones. Además, se ha demostrado que algunos PFAS se biomagnifican en las cadenas tróficas, es decir, sus concentraciones aumentan según subimos en la cadena alimentaria.

PESTICIDAS EMERGENTES

Los pesticidas emergentes incluyen tanto compuestos de nueva generación como algunos ya existentes cuya presencia y efectos ambientales se ha empezado a comprender recientemente. Entre ellos destacan:

- Neonicotinoides: Estos insecticidas, derivados de la nicotina, se introdujeron en los años 90 como una alternativa más segura para los mamíferos que los insecticidas anteriores. Se usan masivamente en agricultura (especialmente como recubrimiento de semillas) y en tratamientos veterinarios. El problema es que son devastadores para las abejas y otros polinizadores. La Unión Europea ha restringido severamente su uso por este motivo, pero siguen empleándose en muchas partes del mundo.
- Piretroides: Son insecticidas sintéticos basados en las piretrinas naturales de las flores de crisantemo. Se consideran seguros para mamíferos, pero son extremadamente tóxicos para los organismos acuáticos, especialmente peces e invertebrados.
- Glifosato: Este herbicida, el más utilizado del mundo se ha detectado ampliamente en aguas superficiales, suelos y alimentos. Su principal metabolito, el AMPA (ácido aminometilfosfónico), es incluso más persistente que el compuesto original. Preocupan sus efectos sobre organismos no objetivo, como microorganismos del suelo, anfibios y plantas acuáticas.

OTROS CONTAMINANTES QUE DEBERÍAN PREOCUPARNOS

Además de los grupos principales, existen otros contaminantes emergentes que están ganando atención:

- Disruptores endocrinos varios: Incluyen los bisfenoles (como el BPA de los plásticos y sus sustitutos BPS, BPF, que pueden ser igual de problemáticos), los ftalatos (presentes en plastificantes y fragancias), los alquilfenoles (usados en detergentes industriales) y los retardantes de llama bromados (presentes en muebles, electrónica y textiles). Todos ellos interfieren con nuestro sistema hormonal de diversas formas.
- Nanomateriales manufacturados: Las nanopartículas de plata (antibacterianas en textiles y cosméticos), dióxido de titanio (protectores solares, pinturas), óxido de zinc o nanotubos de carbono tienen propiedades únicas debido a su tamaño diminuto. Pero precisamente ese tamaño les permite atravesar barreras biológicas y llegar a lugares donde otros contaminantes no pueden,

planteando incógnitas sobre sus posibles efectos tóxicos.

AFECTACIONES EN RÍOS, MARES Y ECOSISTEMAS TERRESTRES

Los estudios de laboratorio y de campo muestran que los peces expuestos a estos contaminantes nadan más lento y son menos eficientes al alimentarse, cambian su comportamiento, alteran sus patrones de reproducción y cortejo. En un entorno natural, estos cambios pueden traducirse en una menor supervivencia y, a largo plazo, en el declive de las poblaciones.

Los ecosistemas terrestres también sufren las consecuencias, una de las principales vías de entrada es la aplicación de lodos de depuradora (biosólidos) como fertilizantes en agricultura. Estos lodos concentran muchos de los contaminantes que llegan a las depuradoras, y al extenderlos sobre los campos, introducen fármacos, PFAS, microplásticos y otros compuestos directamente en el suelo agrícola. Los efectos observados incluyen: Lombrices y otros organismos del suelo que ingieren microplásticos y acumulan contaminantes. Alteración de las comunidades microbianas del suelo, cruciales para el ciclo de nutrientes. Reducción de la fertilidad del suelo y cambios en su estructura física. Afectación a los hongos que viven en simbiosis con las raíces de las plantas y les ayudan a absorber nutrientes. Estos contaminantes no se quedan quietos en el lugar donde caen. Viajan hacia arriba en la cadena alimentaria en un proceso que llamamos biomagnificación. Este proceso hace que los depredadores tope puedan tener en sus tejidos concentraciones de contaminantes millones de veces superiores a las del agua donde viven.



Figura 2. Principales daños causados por los contaminantes emergentes. Fuente: imagen generada con Napkin AI.

Es como si los contaminantes se «concentraran» al pasar de un eslabón a otro.

¿Y a nosotros? ¿Cómo nos afecta todo esto?

VÍAS DE EXPOSICIÓN

Los contaminantes emergentes nos rodean por todas partes y entran en nuestro cuerpo de formas muy diversas, (agua potable, alimentos, aire, de productos de uso diario). De igual manera se ha demostrado vías de contaminación durante el embarazo y la lactancia, por ejemplo, los PFAS, bisfenoles, ftalatos y otros contaminantes atraviesan la placenta y llegan al feto en desarrollo, un momento de especial vulnerabilidad. También pasan a través de la leche materna al recién nacido. Estudios de biomonitoreo han detectado decenas de estos compuestos en sangre de cordón umbilical, líquido amniótico y leche materna en todo el mundo.

Estas son algunas de las principales preocupaciones actuales:

Resistencia a los antibióticos: Los antibióticos que liberamos al ambiente (a través de nuestra orina, de la ganadería, de la acui-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

cultura y de la industria farmacéutica) están creando un grave problema de salud pública. Las bacterias del suelo y del agua se exponen continuamente a bajas dosis de estos fármacos, lo que favorece la aparición y selección de bacterias resistentes.

Problemas hormonales y reproductivos: Muchos de estos químicos (disruptores endocrinos) interfieren con nuestro sistema hormonal. Se han relacionado con: Disminución de la calidad del semen y problemas de fertilidad masculina, pubertad precoz en niñas, aumento de ciertos cánceres hormonodependientes (mama, próstata, testículo), endometriosis y otros problemas ginecológicos, alteraciones tiroideas (los PFAS, por ejemplo, afectan a la hormona tiroidea), diabetes y obesidad (algunos disruptores se llaman «obesógenos» porque alteran el metabolismo de las grasas).

Efectos en el desarrollo fetal e infantil: Los PFAS atraviesan la placenta y se han asociado con: Bajo peso al nacer, menor respuesta a las vacunas en niños (inmunosupresión), alteraciones en el desarrollo neurológico, problemas de crecimiento

Alteraciones del sistema inmune: Varios estudios sugieren que ciertos contaminantes (especialmente PFAS, pero también algunos pesticidas y microplásticos) debilitan nuestras defensas. Personas con mayores niveles de PFAS en sangre responden peor a las vacunas y son más vulnerables a infecciones. Durante la pandemia de COVID-19, algunos estudios encontraron asociación entre niveles altos de PFAS y mayor gravedad de la enfermedad.

Microplásticos en nuestro cuerpo: Ya se han encontrado microplásticos en: Sangre humana (al menos en el 80% de las personas analizadas), pulmones (en tejido profundo, no solo en las vías respiratorias altas), heces (confirmando que los ingerimos y no todos se eliminan), placenta (lo que significa que pueden llegar al feto), hígado y riñones (en estudios de autopsias).

Aún no sabemos bien qué implicaciones tiene esto para nuestra salud. Los estudios en animales y células sugieren que los microplásticos pueden causar inflamación, estrés oxidativo, daño celular y alteraciones metabólicas. Los nanoplásticos (más pequeños) son aún más preocupantes porque pueden atravesar membranas biológicas, llegar al torrente sanguíneo y distribuirse por todo el organismo, incluyendo el cerebro.

¿CÓMO LOS DETECTAN LOS CIENTÍFICOS? EL ARTE DE ENCONTRAR LO INVISIBLE

Detectar estas sustancias, presentes en cantidades tan pequeñas y en mezclas tan complejas, es como buscar una aguja en un pajar. Pero los científicos han desarrollado métodos cada vez más sofisticados para conseguirlo, aquí algunos ejemplos: Espectrometría de masas: Es la técnica estrella, podríamos decir que es como tener una «báscula» tan increíblemente precisa que puede pesar moléculas individuales y decirnos de qué sustancia se trata por su peso molecular y cómo se fragmenta. Combinada con técnicas de separación como la cromatografía (que separa los componentes de una mezcla como si los hiciera correr en una carrera, donde los más ligeros o afines llegan antes), permite identificar y cuantificar cientos de compuestos en una sola muestra de agua, suelo o sangre. Espectrometría de masas de alta resolución: Estos equipos de última ge-

neración (como los de tiempo de vuelo o los Orbitrap) son capaces de medir el peso de las moléculas con una precisión asombrosa, lo que permite identificar compuestos desconocidos, no solo los que estábamos buscando. Análisis no dirigido: Es un enfoque revolucionario. En lugar de buscar compuestos concretos (lo que se llama análisis dirigido), los científicos analizan la muestra sin un objetivo predeterminado y ven TODO lo que hay. Luego, mediante potentes programas informáticos, comparan los resultados con bases de datos gigantescas para identificar las sustancias presentes. Bioensayos: Otra aproximación consiste en usar células u organismos vivos (como algas, pequeñas pulgas de agua llamadas dafnias, o embriones de pez cebra) para ver si una muestra de agua tiene efectos tóxicos, aunque no sepamos exactamente qué contiene. Si las células muestran actividad estrogénica, por ejemplo, sabemos que en esa agua hay disruptores endocrinos, aunque el análisis químico no los haya identificado. Para microplásticos: Se usan técnicas complementarias. Primero hay que separar los microplásticos de la muestra (mediante filtración, flotación en sales densas o digestión de la materia orgánica). Luego, se identifican con espectroscopía infrarroja (FTIR) o espectroscopía Raman, que hacen vibrar las moléculas con luz y nos dan una «huella digital» del tipo de plástico. Muestreadores pasivos: Son dispositivos que se dejan en el agua durante semanas o meses y que van acumulando los contaminantes de forma continua. Luego se analizan y dan una concentración promedio del período. Son muy útiles para detectar contaminación que no es constante. Biomonitoreo humano: Consiste en medir los contaminantes o sus metabolitos en fluidos biológicos humanos (sangre, orina, leche materna, pelo, uñas). Programas como el National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) de Estados Unidos o el HBM4EU en Europa han documentado la exposición presente en la población a PFAS, bisfenoles, ftalatos y otros muchos compuestos. Estos datos son fundamentales para conocer a qué estamos expuestos realmente y cómo evolucionan los niveles en el tiempo.

CONCLUSIÓN

La creciente capacidad analítica para identificar y cuantificar contaminantes emergentes ha revelado la magnitud de un problema ambiental hasta hace poco invisible. Compuestos como los antibióticos, los disruptores endocrinos, los PFAS y los microplásticos no solo persisten en el ambiente, sino que actúan como vectores de otros tóxicos y pueden biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica. Su presencia generalizada en aguas, suelos y organismos vivos evidencia las limitaciones de las actuales tecnologías de tratamiento de aguas residuales y la insuficiencia de los marcos regulatorios vigentes, diseñados para evaluar riesgos de forma individual y no como mezclas complejas. Desde una perspectiva ecotoxicológica, resulta urgente avanzar en la caracterización de los efectos crónicos y sinérgicos de estas sustancias, así como en el desarrollo de métodos de remediación más eficaces, como procesos de oxidación avanzada, adsorción con carbón activado o biorremediación enzimática. A nivel normativo, se requiere implementar enfoques precautorios que promuevan la sustitución de compuestos peligrosos por alternativas más seguras y sostenibles. En definitiva, abordar la contaminación emergente implica no solo

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

mejorar la vigilancia ambiental, sino también repensar los modelos de producción y consumo que generan esta huella química difusa pero global.

LITERATURA RELEVANTE

Muhammad, A. *et al.* (2024). A comprehensive review of emerging contaminants in water sources. *International Journal of Advanced Chemistry*. https://doi.org/10.14419/cj-1jks32

Li, Y. *et al.* (2024). Comprehensive review of emerging contaminants: Detection technologies, environmental impact, and management strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116420

Câmara, J. S. *et al.* (2021). Emerging contaminants in seafront zones. Environmental impact and analytical approaches. *Separations*, *8*(7), 095. https://doi.org/10.3390/SEPARATIONS8070095

Boro, M. *et al.* (2025). Comprehensive approaches to managing emerging contaminants in wastewater: identification, sources, monitoring and remediation. *Environmental Monitoring and Assessment*, *197*(456). https://doi.org/10.1007/s10661-025-13809-w

Khan, S. *et al.* (2023). A state-of-art-review on emerging contaminants: Environmental chemistry, health effect, and modern treatment methods. *Chemosphere*, *344*. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140264

Sihlahla, M. y MnGadi, S. (2024). A review of occurrence of emerging contaminants and the advanced analytical techniques used for detection and removal of these pollutants in wastewater. *IWA Publishing*, 203-226. https://doi.org/10.2166/9781789063752_0203

Alcohol en femenino: una adicción entre el silencio y el estigma

Yadira Hernández Rodríguez

RESUMEN. El consumo de alcohol forma parte de numerosas prácticas sociales y culturales y, precisamente por su amplia aceptación, sus consecuencias pueden pasar inadvertidas hasta que comienzan a afectar la salud, las relaciones familiares y la vida cotidiana. En las mujeres, el consumo problemático de alcohol presenta particularidades biológicas, psicológicas y sociales que durante mucho tiempo recibieron menor atención. A ello se suma un estigma que puede ser especialmente severo: mientras el consumo excesivo de alcohol ha sido históricamente más tolerado en los hombres, las mujeres que desarrollan dependencia pueden ser juzgadas no solo como enfermas, sino también por incumplir las expectativas sociales asociadas con la maternidad, el cuidado de la familia o determinadas formas de comportamiento femenino. Esta doble mirada contribuye al ocultamiento del problema y puede retrasar la búsqueda de ayuda. Comprender el consumo de alcohol en las mujeres requiere, por tanto, ir más allá de las cifras y considerar las diferencias biológicas, las circunstancias emocionales, los roles de género y las barreras que dificultan el acceso al tratamiento. Hablar de ello sin prejuicios constituye un primer paso hacia la prevención y la recuperación.

Palabras clave: consumo de alcohol, mujeres, adicciones, estigma, salud pública, género.

UN PROBLEMA QUE TAMBIÉN TIENE ROSTRO DE MUJER

Durante mucho tiempo, la imagen social del alcoholismo estuvo asociada principalmente con los hombres. El hombre que bebía en exceso aparecía con frecuencia como una figura conocida e incluso tolerada en determinados ambientes sociales; la mujer con problemas relacionados con el alcohol, en cambio, tendía a permanecer oculta.

Recibido: 24/04/2026
Aceptado: 10/08/2026
Publicado: 19/08/2026

Hospital General Docente Enrique Cabrera, La Habana, Cuba.

Esta diferencia no significa que el alcohol no haya afectado históricamente a las mujeres. Significa, más bien, que su consumo problemático ha sido menos visible y, en determinadas circunstancias, acompañado por una carga adicional de vergüenza y censura social.

Una mujer que bebe en exceso puede ser juzgada no solamente por el consumo, sino también por su comportamiento como madre, pareja, hija o cuidadora. Así, a las consecuencias físicas y psicológicas del alcohol pueden añadirse sentimientos de culpa, miedo al rechazo y temor a que el problema sea descubierto.

El silencio se convierte entonces en parte del problema.

La Organización Panamericana de la Salud advierte que, aunque los hombres continúan presentando en promedio un consumo mayor, el consumo de alcohol entre las mujeres está aumentando en varios países de las Américas.



Al mismo tiempo, el alcohol continúa representando una importante causa prevenible de enfermedad, lesiones y muerte.

Por ello, hablar del alcoholismo femenino no significa afirmar que todas las mujeres sean especialmente vulnerables ni que el problema sea exclusivo de ellas. Significa reconocer que existen circunstancias biológicas y sociales que pueden modificar tanto los riesgos como la manera en que el problema se manifiesta y se enfrenta.

EL MISMO ALCOHOL, PERO NO SIEMPRE EL MISMO EFECTO

Una copa contiene la misma cantidad de alcohol independientemente de quién la beba, pero el organismo que la recibe no necesariamente responde de la misma manera.

En términos generales, diferencias en la composición corporal y en la cantidad de agua presente en el organismo pueden hacer que, después de consumir cantidades equivalentes de alcohol, una mujer alcance concentraciones de alcohol en sangre mayores que un hombre de peso semejante. Existen además diferencias relacionadas con el metabolismo que pueden influir en la respuesta al alcohol.

Esto ayuda a explicar por qué algunos daños relacionados con su consumo pueden aparecer en las mujeres con niveles de exposición menores.

El consumo prolongado o excesivo puede afectar numerosos órganos y sistemas. El hígado es uno de los más conocidos, pero no el único. También pueden verse comprometidos el sistema cardiovascular, el aparato digestivo y el sistema nervioso, además de aumentar el riesgo de diferentes tipos de cáncer.

Un aspecto particularmente importante y todavía insuficientemente conocido por la población es la relación entre alcohol y cáncer de mama. El alcohol está clasificado como carcinógeno para los seres humanos y su consumo se relaciona causalmente con al menos siete tipos de cáncer. En las mujeres, entre ellos se encuentra el cáncer de mama.

Esto modifica una idea todavía bastante extendida: que beber cantidades pequeñas de alcohol es completamente inocuo para la salud. Para el riesgo de cáncer no puede establecerse un nivel de consumo totalmente libre de riesgo. El peligro aumenta a medida que aumenta la exposición.

No se trata de provocar alarma, sino de proporcionar información. Una decisión verdaderamente libre sobre el consumo solo puede tomarse cuando se conocen también sus riesgos.

CUANDO BEBER SE CONVIERTE EN REFUGIO

No todas las personas beben por las mismas razones y, por supuesto, no toda persona que consume alcohol desarrolla dependencia.

El problema aparece cuando la bebida comienza a utilizarse reiteradamente como una herramienta para afrontar situaciones que producen sufrimiento, ansiedad, tristeza, soledad o estrés.

En algunas mujeres, el consumo puede estar relacionado con acontecimientos vitales difíciles: conflictos familiares, violencia, experiencias traumáticas, problemas laborales, pérdidas afectivas, sobrecarga de responsabilidades o dificultades económicas. La depresión y los trastornos de ansiedad también pueden



coexistir con los problemas relacionados con el alcohol.

En esas circunstancias puede establecerse un círculo peligroso.

Se bebe para aliviar temporalmente una emoción desagradable. Durante un breve periodo puede aparecer una sensación de relajación o evasión. Sin embargo, el problema que originó el malestar continúa presente y a él se agregan progresivamente las consecuencias del consumo. La culpa, los conflictos familiares o laborales y el deterioro de la salud generan entonces nuevo sufrimiento, que puede favorecer un nuevo episodio de consumo.

El alcohol deja así de ser solamente una bebida y comienza a convertirse en una estrategia de afrontamiento.

Romper ese círculo requiere comprender qué existe detrás de la conducta, no limitarse a censurarla.

LA PARADOJA DE LA MUJER QUE CUIDA A TODOS

Existe además una dimensión social que merece atención.

Muchas mujeres desempeñan simultáneamente diferentes responsabilidades: trabajo remunerado, cuidado de hijos, atención a familiares mayores, actividades domésticas y

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

obligaciones familiares. Aunque estas funciones están cambiando en muchas sociedades, la distribución del trabajo de cuidados continúa siendo desigual en numerosos contextos.

Paradójicamente, quien está acostumbrada a cuidar puede encontrar enormes dificultades para reconocer que también necesita ser cuidada.

Una mujer puede identificar que su consumo de alcohol está aumentando y, aun así, retrasar la búsqueda de ayuda porque considera que no puede abandonar temporalmente sus responsabilidades familiares. Puede temer perder su empleo, afectar a sus hijos, ser rechazada por su pareja o convertirse en objeto de comentarios dentro de su comunidad.

En mujeres de mayor edad pueden aparecer además circunstancias particulares: jubilación, pérdida de la pareja, disminución de las redes sociales, salida de los hijos del hogar, enfermedad de familiares o sensación de aislamiento. Ninguno de estos acontecimientos conduce inevitablemente al consumo problemático, pero pueden constituir fuentes importantes de estrés emocional.

Por eso es insuficiente preguntarse solamente ¿cuánto bebe una persona?.

También deberíamos preguntarnos: ¿qué está ocurriendo en su vida?

EL PESO DEL ESTIGMA

Uno de los mayores obstáculos para enfrentar las adicciones es la idea de que representan una falta de voluntad o un defecto moral.

El trastorno por consumo de alcohol es una condición de salud caracterizada por dificultades para controlar o detener el consumo pese a sus consecuencias negativas. Puede presentarse con diferentes grados de severidad y, como ocurre con otros problemas de salud, en su desarrollo intervienen factores biológicos, psicológicos y sociales.

Sin embargo, el estigma persiste.

En las mujeres puede adquirir características particulares. La investigación ha identificado entre las barreras para solicitar tratamiento sentimientos de culpa y vergüenza, responsabilidades relacionadas con el cuidado de los hijos, problemas económicos, temor a las consecuencias familiares y la coexistencia de trastornos psicológicos.

La consecuencia puede parecer contradictoria: precisamente quienes necesitan apoyo pueden esforzarse más por ocultar el problema.

Una mujer puede beber a solas para evitar ser observada, ocultar las botellas, minimizar cuánto consume o mantener durante largo tiempo una apariencia de normalidad ante familiares y compañeros de trabajo.

Por ello, la ausencia de signos externos evidentes no significa necesariamente ausencia de un problema.

DE LA CULPA A LA AYUDA

La recuperación difícilmente comienza con una acusación.

Frases como «solo tienes que dejar de beber», «si quisieras a tus hijos no harías eso» o



«te falta fuerza de voluntad» pueden parecer intentos de provocar un cambio, pero con frecuencia aumentan precisamente aquello que dificulta solicitar ayuda: vergüenza, culpa y aislamiento.

Un enfoque diferente comienza por reconocer que existe un problema de salud que puede ser tratado.

El tratamiento del trastorno por consumo de alcohol no consiste en una única estrategia aplicable a todas las personas. Dependiendo de cada caso puede incluir atención médica, intervenciones psicológicas, tratamiento de problemas de salud mental asociados, apoyo familiar, grupos de ayuda mutua y otras formas de acompañamiento.

En el caso de las mujeres resulta especialmente importante considerar sus circunstancias particulares. Una intervención que ignore la existencia de violencia, depresión, ansiedad, responsabilidades de cuidado o dificultades económicas puede tratar el consumo sin atender algunos de los factores que contribuyen a mantenerlo.

Los espacios grupales pueden resultar valiosos al permitir compartir experiencias con otras personas que atraviesan situaciones semejantes. Descubrir que el problema no es exclusivamente individual puede disminuir la sensación de aislamiento y favorecer la construcción de nuevas estrategias para afrontar las dificultades.

Pero tampoco existe un único camino hacia la recuperación.

Algunas mujeres necesitarán intervenciones individuales; otras se beneficiarán del apoyo grupal o familiar. Para algunas será necesario atender simultáneamente problemas de ansiedad o depresión. Lo importante es que la atención sea accesible, respetuosa y libre de juicios morales.

RECUPERARSE ES MUCHO MÁS QUE DEJAR DE BEBER

La recuperación no puede medirse solamente contando los días sin consumir alcohol.

Para muchas personas significa reconstruir aspectos de la vida que fueron deteriorándose lentamente: recuperar la confianza de la familia, restablecer relaciones afectivas, mejorar la autoestima, retomar actividades abandonadas y aprender nuevas formas de enfrentar el estrés.

También significa aceptar que pueden existir dificultades y recaídas sin convertirlas automáticamente en una condena definitiva.

Los estilos de vida saludables pueden desempeñar un papel importante: actividad física, alimentación adecuada, sueño suficiente, recuperación de actividades recreativas y fortalecimiento de las relaciones sociales. Pero estos cambios no deben presentarse como sustitutos de la atención profesional cuando existe un trastorno por consumo de alcohol.

Recuperarse implica, sobre todo, recuperar posibilidades.

UNA RESPONSABILIDAD QUE NO TERMINA EN LA PERSONA

Durante mucho tiempo las adicciones fueron interpretadas casi exclusivamente como problemas individuales. Hoy sabemos que esa mirada es insuficiente.

El entorno importa

Importa la facilidad con la que se obtiene alcohol. Importa la publicidad que lo presenta

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

como símbolo de éxito, diversión o liberación. Importan las condiciones económicas y laborales. Importan las redes familiares y comunitarias. E importa enormemente la posibilidad de acceder a servicios de salud sin sufrir discriminación.

En las Américas persiste una importante brecha entre las personas que necesitan tratamiento por problemas relacionados con el alcohol y aquellas que efectivamente lo reciben. El estigma, la disponibilidad limitada de servicios, las dificultades económicas, las responsabilidades familiares y el temor a solicitar ayuda forman parte de las barreras.

Por ello, incorporar una perspectiva de género a la prevención y el tratamiento no significa crear una medicina completamente diferente para las mujeres. Significa reconocer que las circunstancias en las que una persona comienza a beber, desarrolla un problema, solicita ayuda y consigue recuperarse pueden estar profundamente influidas por su contexto social.

ROMPER EL SILENCIO

Quizás uno de los mayores peligros del consumo problemático de alcohol en las mujeres sea precisamente su capacidad para permanecer oculto.

Detrás de una persona que continúa trabajando, cuidando a su familia y cumpliendo aparentemente con todas sus responsabilidades puede existir una relación con el alcohol que comienza a escapar de su control.

Reconocerlo no debería ser motivo de vergüenza.

Las adicciones no necesitan más silencio. Necesitan información, prevención, servicios de salud accesibles y una sociedad capaz de sustituir el juicio por la comprensión.

Una mujer que solicita ayuda no ha fracasado.

Ha comenzado a enfrentar el problema.

Y probablemente ese sea uno de los pasos más difíciles –y también uno de los más importantes– hacia la recuperación.

LITERATURA RELEVANTE

Caballero, A. J. (2002). *Respuesta de la Comunidad a los Problemas relacionados con el alcohol. Estudio Cayo Hueso* [tesis doctoral]. La Habana, Cuba.

González, R. (2007). Las drogas bajo la piel de cordero. *Rev. Hosp. Psiquiátr*, *4*(3). La Habana.

McCrady, B. S., Epstein, E. E., y Fokas, K. F. (2020). Treatment interventions for women with alcohol use disorder. *Alcohol Research: Current Reviews, 40*(2), 08. https://doi.org/10.35946/arcr.v40.2.08

Towers, E. B., Williams, I. L., Qillawala, E. I., Rissman, E. F., y Lynch, W. J. (2023). Sex/gender differences in the time-course for the development of substance use disorder: A focus on the telescoping effect. *Pharmacological Reviews, 75*(2), 217-249. https://doi.org/10.1124/pharmrev.121.000361

Varga, O. (2015). *El Alcohol en la Mujeres*. Centro de Rehabilitación Alcoholismo.

World Health Organization. (2024). *Global status report on alcohol and health and treatment of substance use disorders*. World Health Organization.

Cuando el agua sobra... pero también falta: el gran reto hídrico de Villahermosa

David Antonio Garcia-Reyes[1], César Antonio Sepúlveda-Quiroz[1], Jonathan Alejandro González-García[2], Antonio Priego-Clemente[1], Rosela Granados-Andrade[3] y Luz Alondra Katt-Morales[4]

RESUMEN. Este artículo expone uno de los más grandes desafíos en materia hídrica de Villahermosa, Tabasco. Una ciudad rodeada de abundante agua, pero afectada por inundaciones, contaminación y deficiencias en el suministro de agua potable. A pesar de contar con importantes sistemas fluviales como los ríos Grijalva y Usumacinta, el crecimiento urbano, la falta de mantenimiento en infraestructura hidráulica y la contaminación ambiental han convertido esta riqueza natural en un desafío. Se exponen casos recientes de inundaciones y derrames de contaminantes que han impactado tanto al medio ambiente como a la economía regional. Asimismo, se destaca la necesidad de construir una cultura hídrica basada en la participación ciudadana y la educación ambiental. Se plantea que desde una perspectiva de la Economía Social y Solidaria, se puede solventar dicha problemática ya que la protección de este recurso requiere colaboración entre gobierno, academia, empresas y sociedad. Finalmente, se concluye que el verdadero reto para Villahermosa no consiste únicamente en administrar el agua, sino en transformar la relación de la comunidad con este recurso para garantizar su sostenibilidad.

Palabras clave: cultura hídrica, economía social y solidaria, sostenibilidad, participación comunitaria, responsabilidad social.

UNA CIUDAD CON MUCHA AGUA... Y MUCHOS PROBLEMAS

Villahermosa es una ciudad construida entre ríos. El agua forma parte de su paisaje, de su clima y hasta de la identidad de quienes viven en Tabasco. Sin embargo, detrás de esa abundancia existe una realidad que parece contradictoria: cortes de suministro, inundaciones

Recibido: 10/06/2026
Aceptado: 10/08/2026
Publicado: 19/08/2026

[1] Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa.
[2] Universidad de Guadalajara.
[3] Universidad Autónoma de Baja California.
[4] Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz.

constantes, contaminación y problemas para acceder a agua limpia. La pregunta no parece elocuente pero es inevitable: ¿cómo puede faltar agua en una ciudad rodeada de agua?

La respuesta es más compleja de lo que parece. No se trata únicamente de tener ríos o lluvias abundantes, sino de cómo se administra, protege y distribuye este recurso. Hoy, la verdadera crisis del agua no solo es ambiental; también es social, urbana y un tanto cultural.

La ciudad de Villahermosa convive con gigantes naturales como los ríos Grijalva y Usumacinta, dos de los sistemas hídricos más importantes de México. Durante décadas, esta riqueza fue vista como una ventaja para el desarrollo de la región. Pero la mancha urbana, la contaminación y la falta de mantenimiento en infraestructura hidráulica han convertido esa ventaja en un desafío permanente.

En temporadas de lluvia, la ciudad suele enfrentar calles inundadas, drenajes colapsados y afectaciones en colonias enteras. Apenas en 2026, las intensas lluvias provocadas por el Frente Frío 41 dejaron inundaciones en varios municipios de Tabasco y escenas insólitas como si fuesen generadas con IA, por ejemplo, cocodrilos desplazándose en zonas urbanas de Villahermosa (Figura 1).

Además, meses antes, otro episodio mostró la fragilidad de la infraestructura urbana: fuertes lluvias inundaron áreas del Centro de Especialidades Médicas del ISSET debido a fallas en drenaje y techado.

El problema no es nuevo. Para muchos tabasqueños, las inundaciones forman parte de una memoria colectiva marcada por pérdidas económicas, evacuaciones y daños patrimoniales. Incluso en redes sociales y foros ciudadanos todavía persiste el debate sobre el manejo histórico de presas y desfogues en el estado. Y mientras algunas zonas se inundan, otras padecen baja presión o interrupciones en el suministro de agua potable.

LA CONTAMINACIÓN: EL ENEMIGO SILENCIOSO

Cuando se habla de contaminación del agua, muchas personas imaginan únicamente basura flotando en los ríos, pero el problema es mucho más profundo. Descargas residuales, agroquímicos, drenajes clandestinos y resi-



Figura 1. Cocodrilo en la Laguna de las Ilusiones.Fuente: *Novedades de Tabasco*.

duos industriales deterioran constantemente la calidad del agua en Tabasco.

En 2025, un derrame de hidrocarburo en las costas de Paraíso provocó afectaciones ambientales severas en manglares, lagunas y actividades pesqueras. Habitantes reportaron mortandad de especies marinas y daños económicos en comunidades que viven de la pesca y el turismo.

Este tipo de eventos deja una lección importante: la contaminación del agua no solo afecta al medio ambiente, también impacta empleos, salud pública y economía regional.

En discusiones ciudadanas en línea, algunos usuarios incluso han expresado preocupación por la presencia de metales pesados y residuos tóxicos en cuerpos de agua cercanos a Villahermosa. Aunque muchas veces estos debates ocurren en redes sociales, reflejan una creciente inquietud social sobre el futuro hídrico de la región (Figura 2).

EL VERDADERO CAMBIO EMPIEZA EN LA COMUNIDAD

Una ciudad con problemas tan importantes, como los que ya se mencionaron, también necesita ciudadanos involucrados. No sirve de mucho reparar una fuga si después alguien desperdicia agua diariamente. Tampoco basta con construir drenajes nuevos si continúan arrojándose residuos en calles, canales y alcantarillas.

Por eso, cada vez más especialistas insisten en la importancia de construir una cultura del agua. Esto significa entender que el agua no es infinita y que su cuidado debe convertirse en una responsabilidad compartida entre gobiernos, universidades, empresas y sociedad. En distintos países latinoamericanos ya existen experiencias exitosas donde comunidades participan en brigadas ambientales, monitoreo ciudadano y proyectos de saneamiento local.

Cuando las personas sienten que el agua también les pertenece como responsabilidad colectiva, las soluciones suelen durar más tiempo. Muchas veces se piensa que la crisis hídrica es solamente un problema técnico. Pero en realidad también es un problema cultural.

Acciones cotidianas aparentemente pequeñas como dejar correr la llave, lavar banquetas con manguera o tirar basura en alcantarillas, generan consecuencias enormes cuando millones de personas repiten esos hábitos diaria-



Figura 2. Fotografía representativa de los desafíos al acceso al agua (pixabay).

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

mente. Por eso, especialistas consideran que la educación ambiental será una de las herramientas más importantes del futuro.

Algunas universidades y centros de investigación de Tabasco ya trabajan en proyectos de sostenibilidad hídrica que buscan combinar tecnología, participación ciudadana y educación ambiental para crear soluciones más cercanas a las necesidades reales de las comunidades. La meta es formar ciudadanos que no solo consuman agua, sino que también la protejan (Figura 3).

EL AGUA COMO RESPONSABILIDAD COLECTIVA. UNA MIRADA DESDE LA ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA

Aquí es donde la Economía Social y Solidaria (ESS) propone una idea diferente y profundamente humana: «El agua no debe entenderse solo como un servicio, sino como un bien común que necesita ser cuidado colectivamente». La ESS busca que las personas, comunidades, universidades, organizaciones y gobiernos trabajen juntos para construir soluciones sostenibles, participativas y justas (Tabla 1).

En distintas regiones de América Latina ya existen ejemplos donde comunidades organizadas participan activamente en proyectos de saneamiento, monitoreo ambiental y cuidado de cuerpos de agua. Existen cooperativas que administran servicios de agua potable en pequeñas localidades, brigadas vecinales que detectan fugas y programas escolares que enseñan a las nuevas generaciones a valorar el recurso hídrico. Cuando las personas sienten que el agua también es responsabilidad suya, las soluciones suelen durar más tiempo y generar mayores beneficios colectivos.

En Villahermosa, este enfoque podría abrir nuevas oportunidades para enfrentar problemas históricos relacionados con inundaciones, contaminación y desperdicio de agua. Universidades, organizaciones ambientales, autoridades y ciudadanía podrían trabajar conjuntamente en iniciativas de monitoreo comunitario, campañas de educación hídrica y recuperación de espacios acuáticos urbanos (Figura 4).

Por tanto, la ESS aporta algo que es poco común en los proyectos de infraestructura: el fortalecimiento de la sociedad. Cuando las personas colaboran para resolver problemas comunes, no solo mejoran las condiciones am-



Figura 3. Fotografía representativa de la colaboración entre universidades, cooperativas, gobierno local y ciudadanía organizada (pixabay).

Tabla 1. Comparativa del Modelo tradicional *vs*. Modelo de la ESS

Modelo tradicional	Modelo desde la Economía Social y Solidaria
El gobierno administra el agua	La sociedad participa en su cuidado
La ciudadanía es usuaria pasiva	La ciudadanía es protagonista
Se prioriza la infraestructura	Se prioriza también la educación y participación
Las decisiones son centralizadas	Las decisiones se construyen colectivamente
El agua se ve como servicio	El agua se reconoce como bien común
Se reacciona ante crisis	Se previene desde la comunidad



Figura 4. Dos enfoques para la gestión del agua en Villahermosa. Fuente: imagen generada por ChatGPT-4o.

bientales sino que también se genera un mayor sentido de pertenencia hacia la ciudad y sus recursos naturales.

En el fondo, el gran desafío hídrico de Villahermosa no consiste únicamente en administrar grandes cantidades de agua, sino en construir una nueva cultura alrededor de ella. Una cultura donde el cuidado del agua deje de verse como obligación exclusiva del gobierno y se convierta en una responsabilidad compartida entre sociedad, academia, instituciones y sector productivo.

CONCLUSIONES

Hablar del agua en Villahermosa es hablar de una paradoja que define el presente y el futuro de la ciudad. Aunque Tabasco posee una de las mayores riquezas hídricas del país, los problemas de contaminación, inundaciones,

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

desperdicio y acceso desigual demuestran que la abundancia natural no garantiza una gestión eficiente ni sostenible. La crisis del agua ya no puede entenderse únicamente como un problema técnico o ambiental, sino también es un desafío social y cultural.

A lo largo de los últimos años, la tecnología ha abierto nuevas posibilidades para mejorar la gestión hídrica. Sensores inteligentes y sistemas de monitoreo. Sin embargo, la experiencia ha dejado claro que ninguna innovación será suficiente si no existe una ciudadanía comprometida con el cuidado del agua. En este escenario, la Economía Social y Solidaria ofrece una perspectiva capaz de transformar la manera en que se enfrentan estos desafíos. Su principal aporte consiste en recordar que el agua no es únicamente un servicio que se consume, sino un bien común del que depende la vida, la salud y el desarrollo de las comunidades.

Villahermosa enfrenta hoy una oportunidad en la que se puede pasar de una cultura reactiva ante las crisis, a una visión preventiva y participativa. Lo que implica no solo en el cuidado e inversión de la infraestructura existente, sino también en conciencia social, educación y organización comunitaria.

Al final, cuidar el agua significa también cuidar el futuro de la ciudad, ya que el verdadero desarrollo no se mide únicamente por la cantidad de agua disponible, sino por la capacidad para protegerla, compartirla y garantizarla para las próximas generaciones.

LITERATURA RELEVANTE

Hernández Aguilar, B., Giraldo, M. E. y Camarena López, A. S. (2025). La gobernanza comunitaria del agua: Un acercamiento conceptual desde la experiencia del monitoreo participativo de cenotes en Yucatán, México. *Península, 20*(2), 123-149. https://doi.org/10.22201/cephcis.25942743e.2025.20.2.90735

Muñoz, A. y Urrutia, A. (2025, 8 de mayo). Derrame de Pemex en Paraíso, Tabasco fue de 300 barriles de hidrocarburo. *La Jornada*. Derrame en Paraíso Tabasco. https://www.jornada.com.mx/noticia/2025/05/08/economia/derrame-de-pemex-en-paraiso-tabasco-fue-de-300-barriles-de-hidrocarburo

Pliego Alvarado, E. y Guadarrama Sánchez, G. J. (2019). Gobernanza y derecho al agua: Prácticas comunes y particularidades de los comités comunitarios de agua potable. *Sociedad y Ambiente, 20*, 53-77. https://revistas.ecosur.mx/sociedadyambiente/index.php/sya/article/view/1992

Soares, D. y Hatch Kuri, G. (2023). Participación social en la gestión hídrica: Un acercamiento a la gestión comunitaria en una localidad rural del estado de Puebla (México). *Revista de El Colegio de San Luis*, *13*(24), 1-26. https://doi.org/10.21696/rcsl132420231566

Uribe, F. (2024, 30 de agosto). Cocodrilos en la Laguna de las Ilusiones: ¿cuántos quedan y cómo salvarlos? *Novedades de Tabasco*. https://novedadesdetabasco.com.mx/2024/08/30/cocodrilos-en-la-laguna-de-las-ilusiones-cuantos-quedan-y-como-salvarlos/

El poder de digerir: la capacidad digestiva de los organismos acuáticos

Héctor Rodrigo Nolasco-Alzaga[1], Ernesto Goytortua Bores[2] y Dariel Tovar-Ramírez[3]

RESUMEN. La acuicultura se ha consolidado como una de las principales fuentes de alimentos acuáticos para la población mundial, contribuyendo a la seguridad alimentaria, la generación de empleos y el desarrollo económico de numerosas comunidades. Sin embargo, el crecimiento sostenible de esta actividad depende de mejorar la eficiencia con la que los organismos cultivados aprovechan los recursos disponibles, especialmente el alimento, que representa el mayor costo operativo en la mayoría de los sistemas de producción.

La eficiencia alimenticia suele evaluarse mediante el factor de conversión alimenticia (FCA), indicador que relaciona la cantidad de alimento suministrado con el crecimiento obtenido. No obstante, el aprovechamiento de los nutrientes no depende únicamente de la composición de la dieta, sino también de la capacidad fisiológica de los organismos para ingerir, digerir y absorber dichos nutrientes.

En este contexto, las enzimas digestivas desempeñan un papel fundamental al transformar moléculas complejas en compuestos absorbibles. La capacidad digestiva, entendida como el potencial del organismo para procesar los nutrientes consumidos, constituye un factor clave para explicar diferencias en crecimiento y eficiencia productiva. Comprender los mecanismos que regulan este proceso permitirá optimizar estrategias nutricionales y contribuir al desarrollo de una acuicultura más eficiente, rentable y sostenible.

Palabras clave: acuicultura, peces, nutrición, digestión, enzimas digestivas.

[1] Postdoctorado en Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

[2] Laboratorio de Nutrición Acuícola, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

[3] Laboratorio de Fisiología Comparada, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Recibido: 15/06/2026
Aceptado: 18/08/2026
Publicado: 19/08/2026

ACUICULTURA: EL ALIMENTO DEL PRESENTE Y DEL FUTURO

La acuicultura es la actividad dedicada al cultivo controlado de organismos acuáticos, incluyendo peces, crustáceos, moluscos y algas. Durante las últimas décadas se ha convertido en uno de los sectores de producción de alimentos con mayor crecimiento a nivel mundial, impulsado por el aumento de la población humana, la creciente demanda de proteínas de alta calidad y la necesidad de reducir la presión ejercida sobre las pesquerías silvestres.

De acuerdo con organismos internacionales, actualmente más de la mitad de los productos acuáticos destinados al consumo humano provienen de sistemas acuícolas. Este crecimiento ha permitido mejorar la seguridad alimentaria de millones de personas, generar empleos, fomentar la distribución de productos de alto valor nutricional y contribuir al desarrollo económico de numerosas regiones costeras y continentales (Figura 1).

Sin embargo, el rápido desarrollo de la acuicultura también enfrenta importantes desafíos. Entre ellos destacan la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción, la disponibilidad de ingredientes para la elaboración de alimentos balanceados, la aparición de enfermedades, el uso eficiente del agua y la energía, así como la necesidad de optimizar el aprovechamiento de los nutrientes suministrados a los organismos cultivados.

En este contexto, la eficiencia productiva se ha convertido en un objetivo prioritario para productores, investigadores y empresas



Figura 1. Representación conceptual de algunos de los beneficios generados por la acuicultura. La producción de peces en sistemas de cultivo, ejemplificada aquí mediante el cultivo de salmón, contribuye a la generación de empleos directos e indirectos que favorecen el bienestar económico y social de las familias vinculadas al sector. Al mismo tiempo, esta actividad permite el suministro continuo de productos acuáticos de alto valor nutricional, ricos en proteínas de elevada calidad, ácidos grasos omega-3, vitaminas y minerales, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la disponibilidad de alimentos saludables para los consumidores. Fuente: imagen generada con la asistencia de ChatGPT (GPT-5.6 Sol, OpenAI) y posteriormente editada y validada por los autores.

del sector. Cada kilogramo de alimento suministrado representa una inversión económica y una fuente potencial de nutrientes que pueden ser convertidos en biomasa útil o, por el contrario, perderse en el ambiente en forma de desechos. Por ello, comprender cómo los organismos acuáticos consumen, digieren y aprovechan los nutrientes contenidos en sus dietas resulta esencial para desarrollar estrategias de alimentación más eficientes y sostenibles. La nutrición ya no se limita únicamente a formular dietas con altos niveles de proteína, energía o lípidos; actualmente también implica entender los mecanismos fisiológicos que determinan qué proporción de esos nutrientes puede ser realmente utilizados por el organismo (Figura 2).

Entre estos mecanismos, la digestión ocupa un papel central, ya que representa el primer paso para transformar los nutrientes presentes en el alimento en moléculas que puedan ser absorbidas y utilizadas para el crecimiento, la salud y el rendimiento productivo. Por esta razón, el estudio de la capacidad digestiva ha adquirido una relevancia creciente dentro de la investigación acuícola moderna.



Figura 2. Representación simplificada de las principales etapas que determinan el aprovechamiento de los nutrientes en los organismos acuáticos. Aunque la formulación de dietas proporciona proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales esenciales, la utilización efectiva de estos nutrientes depende de una serie de procesos fisiológicos secuenciales que incluyen la ingestión, la digestión enzimática y la absorción intestinal. La eficiencia con la que ocurren estos procesos influye directamente en el crecimiento, la salud, el bienestar y la calidad final del producto obtenido en los sistemas de cultivo acuícola. Fuente: imagen generada con la asistencia de ChatGPT (GPT-5.6 Sol, OpenAI) y posteriormente editada y validada por los autores.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

LA ALIMENTACIÓN: EL MOTOR BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE LA ACUICULTURA

La alimentación constituye uno de los pilares fundamentales de la producción acuícola. Al igual que ocurre en otros sistemas de producción animal, los organismos cultivados requieren un suministro continuo de nutrientes para crecer, mantener sus funciones fisiológicas, responder al estrés ambiental y desarrollar mecanismos de defensa frente a enfermedades.

Para satisfacer estos requerimientos, la acuicultura moderna utiliza alimentos balanceados formulados específicamente para cada especie y etapa de desarrollo. Estos alimentos contienen diferentes proporciones de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, diseñadas para cubrir las necesidades nutricionales de los organismos cultivados y maximizar su desempeño productivo.

Sin embargo, la importancia del alimento va mucho más allá de su función biológica. Desde una perspectiva económica, representa generalmente el mayor costo variable de producción en la mayoría de los sistemas acuícolas, pudiendo alcanzar entre el 40 y el 70 % de los costos operativos totales, dependiendo de la especie, el sistema de cultivo y las condiciones de producción.

Debido a ello, productores e investigadores buscan constantemente estrategias que permitan mejorar la eficiencia con la que el alimento es transformado en biomasa. Una de las herramientas más utilizadas para evaluar este proceso es el factor de conversión alimenticia (FCA), indicador que relaciona la cantidad de alimento suministrado con la ganancia de peso obtenida por los organismos. En términos generales, un menor FCA indica una utilización más eficiente del alimento y, por lo tanto, una mayor rentabilidad productiva (Figura 3).

No obstante, alcanzar una buena conversión alimenticia no depende únicamente de la calidad de la dieta. También intervienen factores como la calidad del agua, la temperatura, la salud de los organismos, las prácticas de manejo y, especialmente, la capacidad que poseen los animales para aprovechar los nutrientes presentes en el alimento consumido.

Entendido lo anterior, resulta importante distinguir entre nutrientes ingeridos y nutrientes efectivamente utilizados. Aunque una dieta pueda contener altos niveles de proteínas, lípidos o energía, estos nutrientes solo podrán contribuir al crecimiento y al metabolismo si son adecuadamente digeridos y absorbidos. De lo contrario, una parte significativa de ellos será desperdiciada y eliminada al medio ambiente en forma de desechos.

Por esta razón, comprender los mecanismos fisiológicos responsables de la digestión y el aprovechamiento de nutrientes constituye un aspecto esencial para mejorar la eficiencia productiva, reducir costos de alimentación y avanzar hacia sistemas acuícolas más sostenibles. Entre estos mecanismos, las enzimas digestivas y la capacidad digestiva de los organismos desempeñan un papel central.

ENZIMAS DIGESTIVAS Y CAPACIDAD DIGESTIVA: LA MAQUINARIA INVISIBLE DETRÁS DEL APROVECHAMIENTO DEL ALIMENTO PARA EL CRECIMIENTO

Cuando un pez consume alimento, el proceso de aprovechamiento nutricional apenas

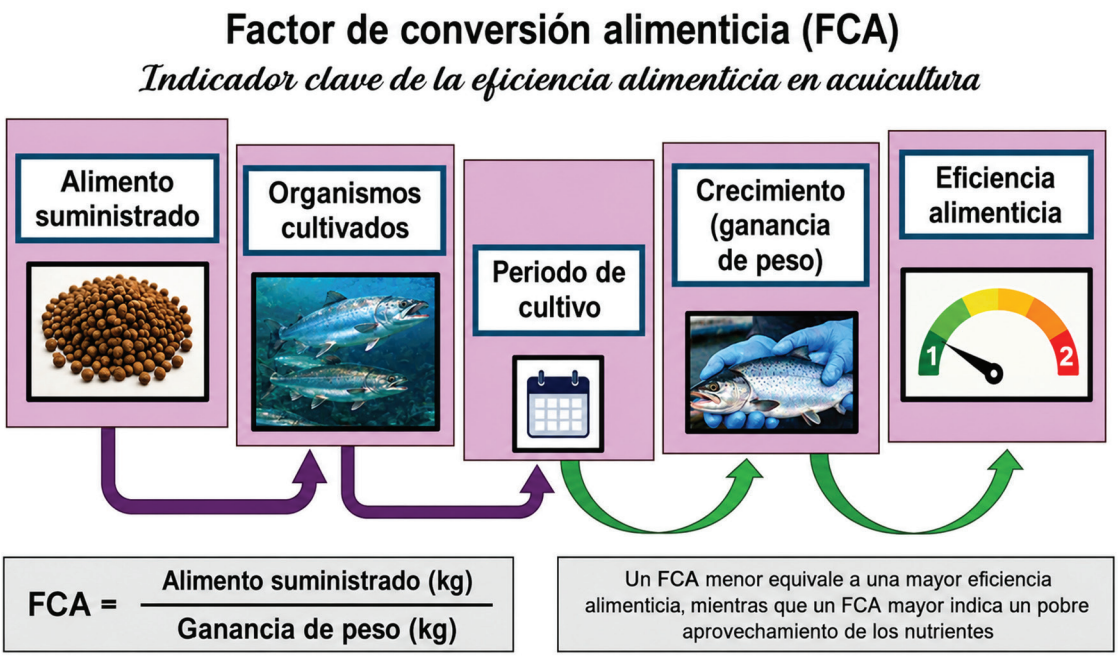


Figura 3. Representación conceptual del factor de conversión alimenticia (FCA), uno de los indicadores más utilizados para evaluar la eficiencia productiva en acuicultura. Este índice relaciona la cantidad de alimento suministrado con la ganancia de peso obtenida por los organismos cultivados durante un periodo determinado. En términos generales, valores bajos de FCA indican un mejor aprovechamiento del alimento, lo que se traduce en menores costos de producción, una utilización más eficiente de los nutrientes y una mayor sostenibilidad de los sistemas de cultivo. La eficiencia alimenticia puede verse influenciada por diversos factores, entre ellos la calidad de la dieta, las condiciones ambientales, el estado sanitario de los organismos y su capacidad para digerir y absorber los nutrientes consumidos. Fuente: imagen generada con la asistencia de ChatGPT (GPT-5.6 Sol, OpenAI) y posteriormente editada y validada por los autores.

comienza. Aunque la dieta pueda contener proteínas, lípidos, carbohidratos, de alta calidad nutricional, estos nutrientes no pueden ser utilizados directamente por el organismo. Antes deben ser transformados en moléculas más pequeñas que puedan atravesar la pared intestinal y llegar a los tejidos donde serán utilizadas para producir energía, formar nuevos tejidos y sostener las funciones vitales.

Esta transformación ocurre gracias a las enzimas digestivas, proteínas especializadas que actúan como herramientas biológicas capaces de realizar la ruptura de enlaces químicos para descomponer moléculas complejas en compuestos absorbibles como aminoácidos, azúcares, ácidos grasos, etc. Entre las principales enzimas digestivas se encuentran las proteasas, responsables de la digestión de proteínas; las amilasas, que participan en la digestión de carbohidratos (como el almidón y el glucógeno); y las lipasas, encargadas de hidrolizar los lípidos presentes en la dieta viva o inerte, por ejemplo, en forma de pelets formulados (Figura 4). Sin estas enzimas, incluso el alimento de mejor calidad nutricional tendría un valor limitado, ya que gran parte de sus nutrientes atravesarían el sistema digestivo sin poder ser aprovechados por el organismo.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Sin embargo, la digestión no depende únicamente de la presencia de enzimas digestivas, sino también de la cantidad (Unidades de enzima) disponible para procesar los nutrientes consumidos. Este concepto ha dado origen al término capacidad digestiva. La evaluación de la capacidad digestiva en condiciones fisiológicas (a temperatura de cultivo, al pH del tracto digestivo, en presencia activadores naturales digestivos, como las sales biliares) representa la fuerza real de trabajo enzimático del sistema digestivo. Cuanto mayor sea esta capacidad (Unidades de enzima en acción), mayor será el potencial para transformar proteínas, carbohidratos y lípidos en moléculas absorbibles que



Figura 4. Representación conceptual de tres de las principales enzimas digestivas involucradas en la utilización de nutrientes por los organismos acuáticos. La amilasa participa en la degradación de polisacáridos complejos del tipo almidón o glucógeno en azúcares más simples (maltosa, glucosa); la proteasa hidroliza las proteínas en péptidos y aminoácidos; y la lipasa descompone los lípidos en ácidos grasos y glicerol. La acción coordinada de estas enzimas permite transformar los componentes del alimento en moléculas absorbibles que pueden ser utilizadas para el crecimiento, el mantenimiento, la reproducción y otras funciones metabólicas esenciales. Por ello, la actividad de las enzimas digestivas constituye uno de los principales determinantes de la capacidad digestiva y de la eficiencia con la que los organismos aprovechan los nutrientes de la dieta. Fuente: imagen generada con la asistencia de ChatGPT (GPT-5.6 Sol, OpenAI) y posteriormente editada y validada por los autores.

posteriormente podrán ser utilizadas para el crecimiento y el metabolismo.

Diversos factores pueden influir sobre la capacidad digestiva de los organismos acuáticos. La especie, la edad, el estado fisiológico, la temperatura del agua, la salinidad, el régimen de alimentación y la composición de la dieta son algunos de los elementos que pueden modificar la producción y actividad de las enzimas digestivas. Como consecuencia, la capacidad digestiva no es una característica fija, sino una propiedad dinámica que cambia continuamente en respuesta al ambiente y a las condiciones de cultivo.

En los últimos años, el estudio de la capacidad digestiva ha adquirido una importancia creciente dentro de la investigación acuícola. Su evaluación permite comprender mejor cómo responden los organismos a nuevas formulaciones de alimento, ingredientes alternativos, cambios ambientales o estrategias de manejo. Además, proporciona información valiosa para identificar posibles limitaciones fisiológicas que podrían afectar el crecimiento y la eficiencia alimenticia. Así mismo, el conocimiento de la capacidad digestiva de un organismo acuático ha sido utilizada para realizar ensayos de digestibilidad *in vitro* de ingredientes (harinas, aceites) para seleccionar los más digestibles, disponibles y nutricionalmente compatibles para la especie, para la formulación de alimentos para su potencial acuicultura.

Desde una perspectiva productiva, el objetivo no consiste únicamente en formular dietas con altos niveles de nutrientes, sino en asegurar que dichos nutrientes puedan ser efectivamente procesados (disminución del tamaño de las partículas), digeridos y absorbidos por el organismo; ya que los nutrientes que no son digeridos no podrán contribuir en la nutrición y crecimiento de los peces, crustáceos y moluscos en cultivo.

Por lo anterior, la capacidad digestiva puede considerarse uno de los eslabones que conecta la nutrición de los organismos con la producción acuícola. Comprender cómo funciona y cuáles son los factores que la regulan permitirá desarrollar alimentos más digestibles y eficientes, para optimizar el aprovechamiento de nutrientes, reducir pérdidas económicas y avanzar hacia sistemas de cultivo cada vez más sostenibles.

CONCLUSIÓN

La eficiencia de la acuicultura no depende únicamente de producir alimentos con una composición nutricional adecuada, sino de la capacidad de los organismos para aprovechar los nutrientes que consumen. Para que un nutriente contribuya al crecimiento, la salud y el mantenimiento del organismo, debe ser procesado, digerido y posteriormente absorbido. En este proceso, las enzimas digestivas constituyen la maquinaria que permite transformar los componentes complejos del alimento en moléculas que pueden ser utilizadas por el organismo.

En este contexto, la capacidad digestiva representa el potencial del sistema digestivo para procesar los nutrientes consumidos y no debe considerarse una característica fija. Su magnitud puede variar en función de factores propios del organismo, como la especie, la edad y el estado fisiológico, así como de las condiciones ambientales y de alimentación. Comprender estas variaciones permite identificar qué tan compatible es un alimento o

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

ingrediente con la capacidad fisiológica del organismo para aprovecharlo.

Por ello, estudiar la digestión desde una perspectiva fisiológica puede contribuir directamente a una acuicultura más eficiente. El conocimiento de la capacidad digestiva permite orientar la selección y evaluación de ingredientes, mejorar la formulación de dietas y diseñar estrategias de alimentación acordes con las características de las especies cultivadas. Esto puede favorecer un mayor aprovechamiento de los nutrientes, reducir las pérdidas asociadas a su utilización ineficiente y contribuir a disminuir los costos y el impacto ambiental de la producción.

En última instancia, una acuicultura más eficiente no consiste solamente en proporcionar mejores alimentos, sino en comprender la capacidad de los organismos para convertir esos alimentos en biomasa. La clave está, por tanto, en integrar la composición de la dieta con la fisiología digestiva del organismo: no basta con saber qué contiene un alimento; es necesario conocer qué puede hacer el organismo con él.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la SECIHTI (México), por el financiamiento del proyecto CBF-2025-G-1865, Ciencia Básica y de Frontera. H.R.N-A agradece al CIBNOR por su estancia de investigación 2025-2026, participando en el proyecto citado.

LITERATURA RELEVANTE

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, Jr. J. R., Tucker, C. S. y Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, (51), 578-633.

FAO. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 - Blue Transformation in action. Rome.

Jangampalli, A. P. (2019). Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. *Translational Animal Science*, *3*(2), 903-910.

Liu, Y., Tveteras, S. y Xie, J. (2021). Efficiency in Chinese Large Yellow Croaker Aquaculture: Implication for Sustainable Aquaculture in China. *Sustainability*, *13*(24), 13952.

Nolasco-Soria, H., Yúfera, M. y Nolasco-Alzaga, H. R. (2025). Fish Digestive Capacity: Definition and Methods. *Fishes*, *10*(11), 546.

See, K. F., Ibrahim, R. A. y Goh, K. H. (2021). Aquaculture efficiency and productivity: A comprehensive review and bibliometric analysis. *Aquaculture*, (544), 736881.

Sun, G., Liu, Y., Qiu, D., Yi, M., Li, X. y Li, Y. (2016). Effects of feeding rate and frequency on growth performance, digestion and nutrients balances of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in recirculating aquaculture systems (RAS). *Aquaculture Research*, (47), 176-188.

El museo donde los parásitos cuentan historias. Un viaje por el legado científico del Museo de Medicina Tropical Carlos J. Finlay

Anabel Hernández Ruiz

RESUMEN. En la periferia de La Habana existe un lugar donde la ciencia conserva su memoria. El Museo de Medicina Tropical Carlos J. Finlay, fundado en 1938 por el profesor Pedro Kourí Esmeja y sus colaboradores, resguarda una de las colecciones parasitológicas más importantes de Cuba y América Latina. Más que una exposición de piezas anatómicas y organismos conservados constituye un testimonio del desarrollo de la medicina tropical, de la lucha contra las enfermedades parasitarias y de la formación de generaciones de médicos e investigadores. Sus salas reúnen más de seis décadas de historia científica, objetos personales de figuras emblemáticas, documentos históricos y colecciones biológicas que convierten al museo en un patrimonio de extraordinario valor educativo y cultural.

Palabras clave: parasitología, patrimonio científico, conservación biológica, educación médica.

INTRODUCCIÓN

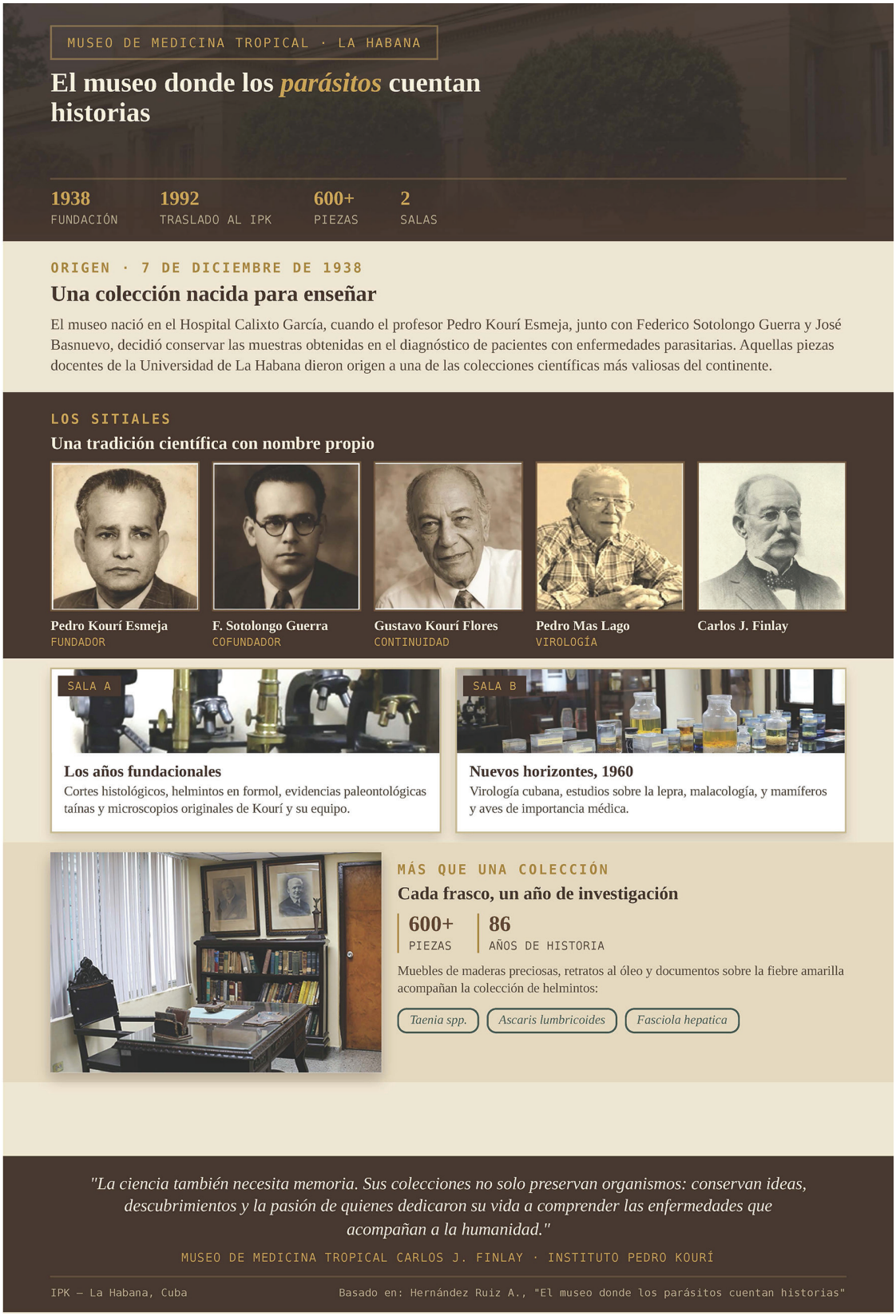
Imagine abrir la puerta de un museo y encontrarse frente a cientos de frascos que resguardan organismos capaces de cambiar la historia de la medicina. A pocos metros descansan antiguos microscopios de bronce, muebles centenarios y documentos originales de algunos de los científicos más influyentes de Cuba. No se trata de una novela de aventuras ni de un laboratorio detenido en el tiempo: es el Museo de Medicina Tropical Carlos J. Finlay.

Este museo nació el 7 de diciembre de 1938 en el Hospital Calixto García, cuando el profesor Pedro Kourí Esmeja, junto con Federico Sotolongo Guerra y José Basnuevo, decidió conservar las muestras obtenidas durante el

Recibido: 25/03/2026
Aceptado: 02/05/2026
Publicado: 21/08/2026

Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí, Cuba.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa



Fuente: imagen generada con la IA Claude.

diagnóstico y tratamiento de pacientes afectados por enfermedades parasitarias. Aquellas primeras piezas, que inicialmente servían como apoyo docente para la Cátedra de Parasitología de la Universidad de La Habana, terminarían dando origen a una de las colecciones científicas más valiosas del continente.

Desde sus primeros años, el museo fue mucho más que un espacio de exhibición. Funcionó como laboratorio, aula y centro de investigación. En sus colecciones quedaron registrados los avances logrados por la Escuela Cubana de Parasitología, incluyendo las primeras descripciones de fascioliasis humana en Cuba, el perfeccionamiento de métodos diagnósticos, el tratamiento exitoso con emetina y la descripción de nuevas especies. Cada ejemplar incorporado representaba un nuevo conocimiento para la ciencia.

UN RECORRIDO POR SUS SALAS

En 1992 el museo fue trasladado al Instituto Pedro Kourí (IPK), donde continúa desarrollando su misión educativa y patrimonial. El visitante encuentra dos salas de exposición y tres sitiales dedicados a figuras fundamentales de la parasitología cubana.

El espacio dedicado al profesor Pedro Kourí conserva su mobiliario, diplomas y condecoraciones, permitiendo conocer la dimensión humana del científico. Los sitiales de Federico Sotolongo Guerra y Gustavo Kourí Flores muestran la continuidad de una tradición científica que ha marcado la historia de la medicina tropical en Cuba.

La Sala A transporta al visitante a los años fundacionales de la especialidad. Allí se exhiben cortes histológicos, piezas anatómicas, helmintos preservados en formol, evidencias paleontológicas que muestran la presencia de parásitos en poblaciones taínas y una extraordinaria colección de microscopios originales utilizados por Kourí y su equipo.

La Sala B presenta los aportes realizados desde la década de 1960. Incluye materiales relacionados con la virología cubana, estudios sobre la lepra, colecciones de malacología y ejemplares de mamíferos y aves de importancia médica que ayudan a comprender la transmisión de diversas enfermedades.

MUCHO MÁS QUE UNA COLECCIÓN

El verdadero valor del museo no reside únicamente en las más de seiscientas piezas que conserva. Cada frasco, cada laminario y cada documento representan años de investigación, miles de pacientes atendidos y generaciones de estudiantes formados. Sus colecciones permiten comprender cómo evolucionó el conocimiento sobre los parásitos y cómo ese conocimiento se transformó en mejores herramientas diagnósticas, tratamientos y estrategias de prevención.

También resguarda muebles de maderas preciosas, retratos al óleo de Carlos J. Finlay y Pedro Kourí, documentos históricos relacionados con la fiebre amarilla y una importante colección de helmintos, entre ellos *Taenia* spp., *Ascaris lumbricoides* y *Fasciola hepatica*, que continúan siendo un recurso didáctico de enorme valor.

CONCLUSIÓN

El Museo de Medicina Tropical Carlos J. Finlay demuestra que la ciencia también necesita me-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

moria. Sus colecciones no solo preservan organismos; conservan ideas, descubrimientos, errores, esfuerzos y la pasión de quienes dedicaron su vida a comprender las enfermedades que han acompañado a la humanidad desde tiempos remotos.

En una época en la que las enfermedades emergentes vuelven a ocupar un lugar central en la agenda mundial, recorrer sus salas es recordar que el progreso científico siempre se construye sobre el conocimiento acumulado. Más que un museo, este espacio constituye un puente entre el pasado y el futuro de la medicina tropical, y un legado que continúa inspirando a nuevas generaciones de profesionales de la salud.

LITERATURA RELEVANTE

Cabrera Cantelar, N., Morales Pérez, M., Cantelar Martínez, B., Cantelar de Francisco, N., Lorié Cantelar, D., Cabrera Cantelar, M. (2010). Museo de medicina tropical Carlos J. Finlay: fuente inagotable de conocimientos. *Revista Habanera de Ciencias* Médicas, *9*(3), 295-298. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180418873002

Instituto Pedro Kourí (1992). *Historia del Museo de Medicina Tropical Carlos J. Finlay*. La Habana: IPK.

Kourí Esmeja, P., Sotolongo Guerra, F., Basnuevo, J. (1939). Fundamentos de la parasitología en Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, *5*(2), 123-130.

Kourí Flores, G. (2005). Avances en parasitología y salud pública en Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, *57*(4), 289-296.

Mas Lago, P. (1975). Contribuciones a la virología en Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, *27*(3), 201-210.

Museo de Medicina Tropical «Carlos J. Finlay». Ecured [Internet]. La Habana: Enciclopedia Cubana; 2024 [citado 2026 Mar 23]. Disponible en ecured.cu.

Prendes González, M. A. (1985). Estudios sobre la lepra en Cuba. *Revista Cubana de Dermatología*, *21*(1), 45-52.

p53: guardián del genoma o cómplice del cáncer

Andrea Capaceta-Osuna[1], María Esther Ocharan-Hernández[1], Estibeyesbo Said Plascencia-Nieto[1], Haruki Arévalo-Romero[2], Moisés León-Juárez[3] y Macario Martínez-Castillo[1]

RESUMEN. Nuestro cuerpo está formado por diminutas unidades estructurales conocidas como células que poseen una molécula esencial para la vida conocida como ácido desoxirribonucleico (ADN) que define todo lo que somos gracias a las instrucciones contenidas en los genes. A través de la transcripción, la información de los genes es descifrada para dar paso a la elaboración de proteínas, que son moléculas que actúan como las obreras de la célula. Este proceso se mantiene bajo control gracias a un grupo de proteínas llamadas factores de transcripción como p53 también conocido como el «guardián del genoma» porque posee la asombrosa capacidad para activar más de 500 genes que producen proteínas que en conjunto ayudan a prevenir el desarrollo de enfermedades tan graves como el cáncer. Sin embargo, algunos estímulos ambientales como la radiación ultravioleta pueden generar daños en el gen de *TP53* que afectan su funcionalidad favoreciendo el desarrollo tumoral. Conocer el papel que juegan las formas funcionales y alteradas de p53 en el control del crecimiento celular mejora nuestra comprensión sobre el cáncer y nos permite entender cómo es que protege nuestro cuerpo de esa terrible enfermedad.

Palabras clave: factores de transcripción, mutaciones, reparación del ADN, apoptosis, antitumoral.

[1] Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional. acapacetao@gmail.com; mocharan@ipn.mx; eplascencian@ipn.mx; mmartinezcas@ipn.mx

[2] Laboratorio de Inmunología y Microbiología Molecular, División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Departamento de Genómica, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. haruki.arevalo@ujat.mx

[3] Laboratorio de Virología Perinatal y Diseño Molecular de Antígenos y Biomarcadores, Departamento de Inmunobioquímica, Instituto Nacional de Perinatología «Isidro Espinosa de los Reyes». moisesleoninper@gmail.com

Recibido: 06/08/2026
Aceptado: 20/08/2026
Publicado: 21/08/2026

INTRODUCCIÓN

Los organismos vivos como las plantas, los animales y los humanos estamos conformados por diminutas unidades estructurales conocidas como células (Figura 1).

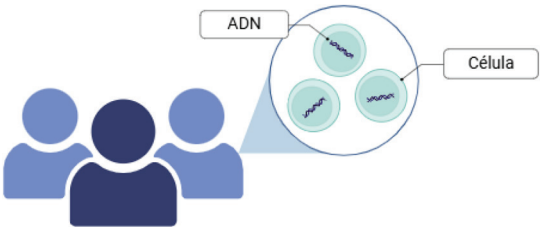


Figura 1. La célula es la unidad de vida que compone a todos los seres vivos. Imagen creada en BioRender.

Las células son las unidades de vida más pequeñas que existen en la tierra y al igual que cualquier forma de vida pueden reproducirse para dar lugar a células hijas. Aunque muchas células tienen un diámetro menor que el de un cabello humano (7-150 μm) son capaces de albergar miles de moléculas, una muy importante es el ácido desoxirribonucleico (ADN) que en nuestro cuerpo determina desde los rasgos físicos como el color de los ojos o la piel, hasta la susceptibilidad de padecer ciertas enfermedades. Quizá te preguntes cómo una molécula es capaz de todo esto, para comprenderlo pensemos en las células de nuestra piel: cada una de ellas contiene una colección completa de ADN conocida como genoma que funciona como un «manual» donde se encuentran las «instrucciones» necesarias para que tengamos un determinado color de piel. Estas instrucciones se ubican en segmentos del ADN conocidos como genes y están escritas en «un código», de tal manera que para poder entender el mensaje primero debe «descifrarse» en un proceso conocido como transcripción, donde a partir del ADN se obtiene una nueva molécula llamada ácido ribonucleico (ARN) que funciona como el mensaje original, pero escrito en un idioma más sencillo; por lo cual la célula es capaz de traducirla con ayuda de una maquinaria muy especial a otro alfabeto formado por aminoácidos que se organizan en moléculas muy complejas conocidas como proteínas que actúan como las «obreras» de la célula, ya que son las responsables de que se exprese el mensaje en nuestro cuerpo, por ejemplo, si la instrucción del ARN es «piel morena», se fabricarán proteínas encargadas de darnos esa tonalidad (Figura 2).

Como ya te habrás dado cuenta, el proceso de transcripción es muy importante para que las células puedan fabricar las proteínas que desempeñan las instrucciones contenidas en los genes, pero ¿sabe un gen cuándo debe ser

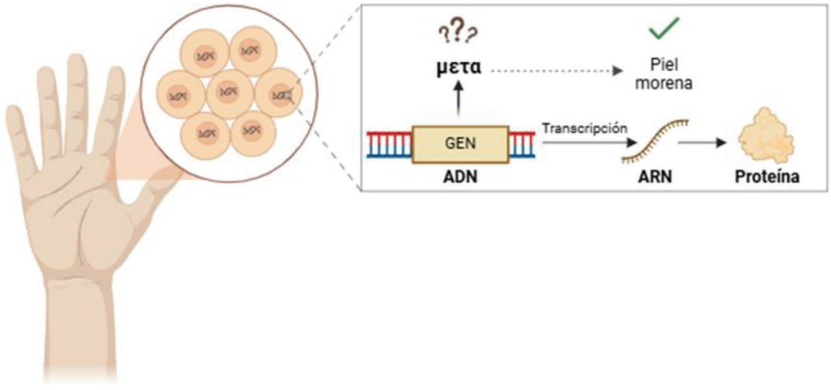


Figura 2. La transcripción de los genes da paso a la elaboración de proteínas que le dan el pigmento adecuado a nuestra piel. Imagen creada en BioRender.

descifrado o transcrito?, imaginemos que cada gen contiene un interruptor de «encendido» y «apagado» que debe accionarse únicamente cuando la célula necesita ciertas proteínas, por ejemplo, al nacer existen diferentes genes que controlan el crecimiento y deben permanecer encendidos hasta los 18 a 23 años para generar proteínas que favorecen que nuestros huesos se alarguen y podamos llegar a la estatura de nuestra edad adulta, ¿eso significa que después de ese tiempo el gen debe apagarse? ¡Por supuesto!, si no podríamos desarrollar alguna enfermedad como el gigantismo. Este proceso de «encender» o «apagar» un gen para regular la fabricación de proteínas está controlado por un grupo de proteínas conocidas como factores de transcripción (FT) cuya función es controlar el «interruptor» que determina cuando se llevará a cabo la transcripción (Figura 3).

Los FT pueden clasificarse dependiendo de los genes que son capaces de activar o desactivar, y ¿cómo saben cuándo hacerlo? Pensemos que los FT están «dormidos» dentro de la célula, pero en respuesta a ciertos estímulos se «despiertan», por ejemplo, el frío extremo es un estímulo que activa ciertos FT que son capaces de encender el interruptor de los genes que producen proteínas que ayudan a aumentar nuestra temperatura corporal instantáneamente (Figura 4).

Aunque es cierto que rara vez nuestras células estarán sometidas al frío del polo norte, diariamente se exponen a los estragos que les causa la radiación solar (rayos ultravioleta, UV) y ¿qué crees?, sorprendentemente existen FT que «despiertan» ante dicho estímulo.

Día a día, en camino a la escuela o de regreso a casa estamos expuestos a la radiación solar que es capaz de generar rupturas en el ADN de nuestras células; sin embargo, cuando eso sucede algunos FT comienzan a «encender» genes que producen proteínas encargadas de «reparar» lo que se rompió en nuestro ADN (Figura 5).

No obstante, una exposición prolongada sin protección a los rayos UV solares puede generar demasiadas rupturas en el ADN o algunas que son muy difíciles de reparar, por lo que ante esa situación los FT activan otros genes responsables de la fabricación de proteínas involucradas en el suicidio celular, también conocido como «apoptosis», para evitar que estas

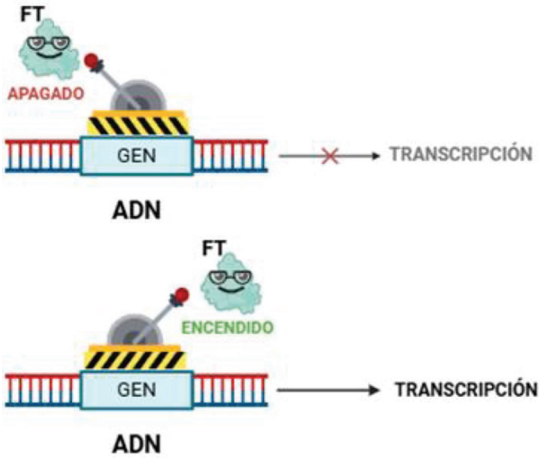


Figura 3. Los FT son los encargados de «activar» la transcripción. Imagen creada en BioRender.

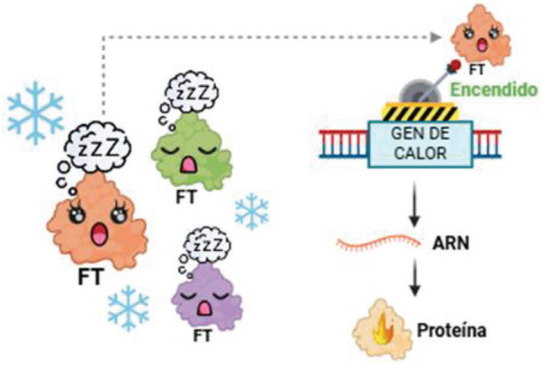


Figura 4. Los FT necesitan un estímulo particular para «activar» la transcripción. Imagen creada en BioRender.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

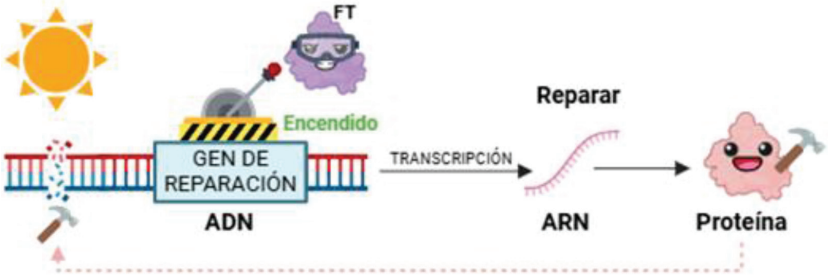


Figura 5. Cuando el ADN sufre rupturas causadas por el sol se activan genes que producen proteínas de reparación. Imagen creada en BioRender.

células con daños irreparables se dividan y se acumulen, ya que de lo contrario podrían dar origen a células transformadas que al crecer sin control podrían originar tumores (Figura 6).

En particular, los FT cuya función es activar a estos genes involucrados en procesos de reparación del ADN o apoptosis para monitorear y controlar la división celular, provienen de un grupo de genes conocidos como supresores tumorales y su miembro más famoso es *TP53*.

¿QUÉ ES *TP53*?

TP53 es un gen supresor de tumores que da origen a la proteína p53, la cual funciona como FT. Es tan popular e importante que también es conocido como «el guardián del genoma».

En ocasiones cuando las células se exponen a químicos peligrosos o agentes físicos como la radiación, se generan cambios o mutaciones en el ADN, pero ¿eso que significa? Pensemos en una palabra como «casa» y lo que sucede si cambiamos una sola letra como la «s» por una «z», esto generará la palabra «caza» que, aunque se lee igual, tan sólo por esa pequeña modificación sufre un cambio dramático en su significado original. De forma similar, las mutaciones pueden generar un cambio en una sola unidad estructural del ADN conocida como desoxirribonucleótido, modificando la información del gen que permite la elaboración de una proteína correcta, lo que puede derivar en la producción de una molécula con una estructura diferente a la original que afecta su adecuado funcionamiento. Esto ocasiona serios problemas en las células, pero afortunadamente el guardián p53 tiene la capacidad de mantener a salvo la información genética promoviendo la reparación de estos cambios en el ADN o eliminando a las células que han sufrido muchas mutaciones, pero... ¿cómo lo hace?

¿CUÁL ES SU FUNCIÓN?

Imaginemos que las células se producen en una enorme fábrica donde p53 actúa como el



Figura 6. Cuando el ADN sufre rupturas que son irreparables se activan genes de suicidio celular o apoptosis. Imagen creada en BioRender.

«supervisor de calidad del ADN», de tal manera que el genoma de cada célula elaborada en el área de producción será inspeccionado para que cumpla con el principal estándar: que no contenga mutaciones. De este modo, p53 monitorea el genoma constantemente y si detecta anomalías en el ADN de alguna célula se dirige a los genes que participan en la reparación del daño y acciona el interruptor para activarlos dando paso a la elaboración de proteínas que cumplen con dicha función; sin embargo, aunque este mecanismo contribuye a la reparación del daño en el ADN, en ocasiones este puede ser tanto que no se puede reparar, por fortuna p53 tiene la asombrosa capacidad de activar ¡más de 500 genes! que en conjunto generan proteínas que no solo ayudan a pausar la división celular y reparar el daño en el ADN, sino que también pueden activar el proceso de muerte celular o apoptosis cuando las células han sufrido daños muy severos en su genoma (Figura 7).

¿Pausarla?, bueno, es que las células antes de dividirse para formar células hijas deben crecer y duplicar su ADN para que tras la división cada célula hija contenga una colección completa del genoma. Cuando una célula tiene mutaciones es importante corregirlas antes de que el ADN se duplique y esto es posible gracias a que p53 activa la transcripción de genes de «pausa» que detienen el crecimiento y la división celular brindando el tiempo suficiente para que ocurra una reparación exitosa, pero ¿qué pasaría si hay mutaciones y la célula no detiene su crecimiento y se divide? Pues, así como nosotros podemos heredar los ojos verdes de nuestros padres, una célula mutada que consigue dividirse hereda esos cambios dañinos o mutaciones a las células hijas, y ¿eso es grave? Podría serlo, porque un cúmulo de células mutadas puede dar origen a un tumor. Afortunadamente, suele ser una gran ayuda que p53 active a los genes de pausa y a los de reparación para que una célula con daño en su ADN sea reparada. No obstante, si el daño en el ADN persiste y es irreparable, el guardián del genoma emplea un último recurso: la activación de genes de apoptosis que generan proteínas que terminan por destruir a la célula defectuosa.

Gracias a este último mecanismo p53 contribuye con la eliminación de células mutadas, pero si el guardián del genoma es capaz de ejecutar todas estas funciones, ¿cómo es posible

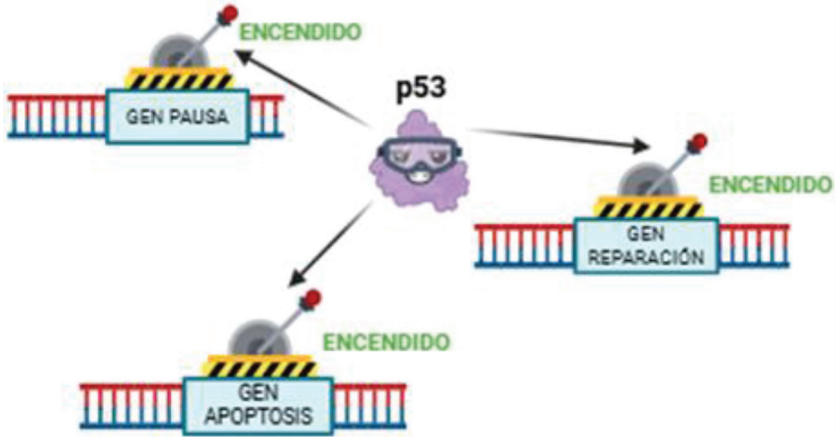


Figura 7. La proteína p53 es un FT capaz de activar genes que producen proteínas que pausan, reparan o eliminan por apoptosis a las células defectuosas. Imagen creada en BioRender.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

que existan las células tumorales? tristemente es porque p53 puede perder su función.

¿POR QUÉ DEJA DE FUNCIONAR?

Como recordarás, el ADN puede sufrir mutaciones que afectan a las instrucciones contenidas en los genes; por lo que una mutación en el gen de *TP53* puede provocar que durante su lectura (transcripción) se obtenga una molécula de ARN con una «instrucción» errónea que da origen a una proteína anormal que sea incapaz de reconocer y activar a los genes que pausan la división celular, reparan el ADN o participan en la apoptosis.

¿CUÁL ES SU IMPORTANCIA EN EL CÁNCER?

Ahora que ya sabemos por qué p53 deja de funcionar, quizá te preguntes ¿cómo se relaciona su falta de actividad con el cáncer? Para explicarlo retomemos el ejemplo de la fábrica y supongamos que en una línea de producción las células fueron expuestas accidentalmente a luz UV, un agente que puede causar mutaciones en el ADN. Desafortunadamente, p53 ha perdido su función, eso significa que ya no hay un «supervisor de calidad» y las células con daños en el ADN no pueden ser reparadas ni eliminadas, lo que permite que continuen produciéndose de una manera descontrolada en la fábrica celular. Aunque las células no se producen en una fábrica, sino en nuestro cuerpo, esta metáfora es un claro ejemplo de lo que ocurre en el cáncer, donde hay células con p53 disfuncional que no mueren, aunque tengan daño en su ADN, provocando una acumulación de ellas en sitios específicos de nuestro cuerpo generando una masa de células anormales que forman lo que conocemos como tumores (Figura 8).

Eso quiere decir que ¿el cáncer se desarrolla por mutaciones en el gen *TP53*? Aunque el cáncer es una enfermedad muy compleja que normalmente se suele manifestar en respuesta a varios cambios dañinos en el correcto funcionamiento de diferentes genes, las mutaciones en *TP53* que producen proteínas que pierden su función protectora y promueven la progresión tumoral es un evento común que ocurre en más del 50% de los cánceres (tumores cerebrales, cáncer de mama, cuello,

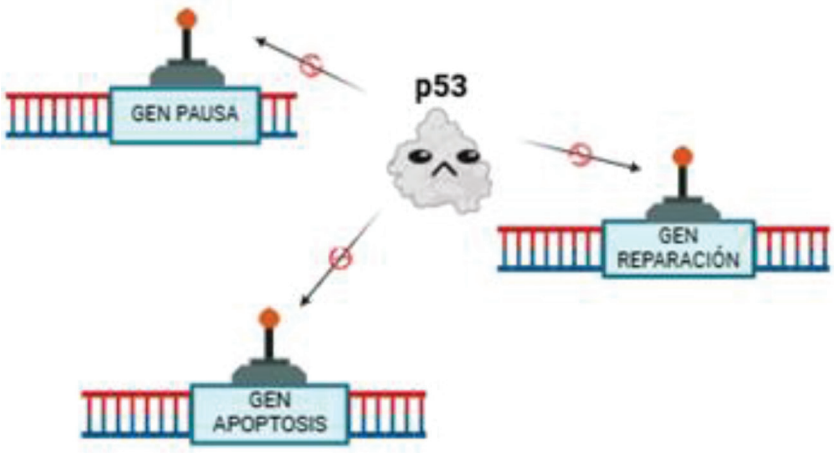


Figura 8. Cuando *TP53* está mutado ya no puede activar genes de pausa, reparación y apoptosis, provocando que las células mutadas se dividan sin ser reparadas. Imagen creada en BioRender.

páncreas, intestino delgado, colon, ovario, de pulmón, etc.) (Figura 9).

Sin embargo, debido a la importancia de p53 en la eliminación de células mutadas, se ha vuelto indispensable conocer su estatus cuando se manifiesta cualquier tipo de cáncer, ya que determinar si se encuentra mutado o no puede tener un gran valor pronóstico y diagnóstico para los pacientes. Por ejemplo, aunque sea difícil de creer, algunas células tumorales no presentan mutaciones en *TP53* y esas son excelentes noticias porque significa que los pacientes tendrán una mejor respuesta a los fármacos antitumorales. Para entender mejor esta idea, recordemos que los FT permanecen «dormidos» a menos que haya un estímulo que los ponga en marcha. En el caso de las células donde *TP53* no está mutado, el tratamiento con dichos fármacos antitumorales o quimioterapias provoca una gran cantidad de daño en el ADN de las células tumorales, lo cual «despierta» a p53 para que active en primera instancia los genes de reparación del ADN que al no tener éxito debido al excesivo nivel de daño, favorecen que en un segundo momento, el «guardián del genoma» active los genes que controlan la apoptosis con el objetivo de eliminar a estas células dañadas que pueden originar un tumor (Figura 10).

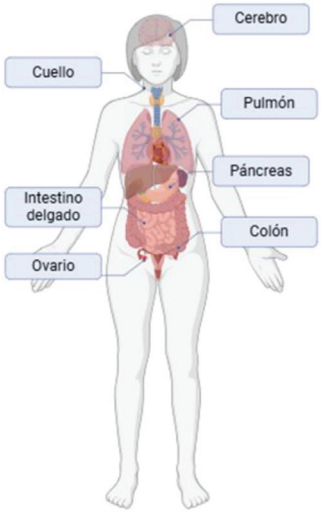


Figura 9. Principales tipos de cáncer donde *TP53* está mutado. Imagen creada en BioRender (Chen *et al.*, 2022).

Por otra parte, cuando en algunos tipos tumorales principalmente en etapas tempranas de su desarrollo se detectan características menos agresivas entre las que se incluyen la ausencia de mutaciones en *TP53*, se suelen asociar a un menor riesgo de metástasis, es decir, a una menor probabilidad de que las células del tumor original puedan invadir otros órganos y tejidos del paciente.

Como habrás notado, tiene muchas ventajas que p53 funcione correctamente. No obstante, las formas mutadas también son muy importantes en la investigación médica. ¿Formas mutadas? ¡Sí!, resulta que cuando p53 se origina a partir del gen mutado se obtiene una proteína con una estructura diferente a la que presenta la proteína normal, esta característica ha facilitado el diseño de fármacos cuya función es reconocer y unirse a lugares que se encuentran únicamente en las formas mutadas de p53 para reestablecer su estructura original, devolviéndoles su función. El desarrollo de este tipo de terapias ha cobrado gran interés, por lo frecuente que son las mutaciones en *TP53* en diferentes tipos tumorales; pero sigue representando un gran desafío especialmente en cánceres de etapas avanzadas, debido al requerimiento de dosis muy altas de estos fármacos experimentales que colateralmente se relacionan con efectos secundarios no deseables. Por eso las investigaciones enfocadas en comprender más a fondo el papel que juegan las formas mutadas de p53 en el cáncer siguen

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

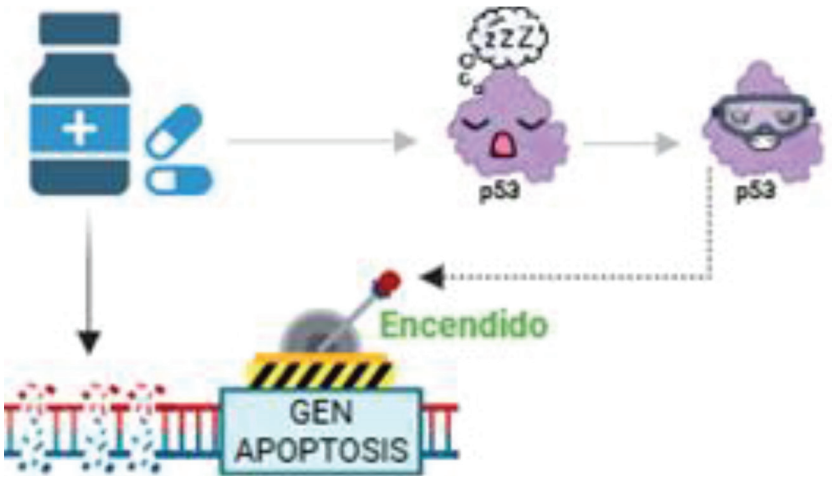


Figura 10. Los fármacos antitumorales dañan el ADN de las células mutadas para que p53 active la transcripción de genes de apoptosis. Imagen creada en BioRender.

día con día, con el objetivo de desarrollar medicamentos más precisos que algún día logren vencer a esta terrible enfermedad.

CONCLUSIÓN

p53 es una proteína fundamental para mantener la integridad de nuestro genoma, debido a que controla la activación de genes relacionados con la reparación del daño al ADN o la eliminación de células con mutaciones que pueden ser potencialmente tumorales; por lo cual su adecuado funcionamiento es esencial para contar con un extraordinario guardián de nuestro genoma que nos protege de enfermedades tan graves como el cáncer.

LITERATURA RELEVANTE

Aubrey, B. J., Kelly, G. L., Janic, A., Herold, M. J., y Strasser, A. (2018). How does p53 induce apoptosis and how does this relate to p53-mediated tumour suppression? *Cell death and differentiation*, *25*(1), 104-113. https://doi.org/10.1038/cdd.2017.169

Chen, X., Zhang, T., Su, W., Dou, Z., Zhao, D., Jin, X., Lei, H., Wang, J., Xie, X., Cheng, B., Li, Q., Zhang, H., y Di, C. (2022). Mutant p53 in cancer: from molecular mechanism to therapeutic modulation. *Cell death & disease*, *13*(11), 974. https://doi.org/10.1038/s41419-022-05408-1

Hafner, A., Bulyk, M. L., Jambhekar, A., y Lahav, G. (2019). The multiple mechanisms that regulate p53 activity and cell fate. *Nature reviews. Molecular cell biology*, *20*(4), 199-210. https://doi.org/10.1038/s41580-019-0110-x

Hernández Borrero, L. J., y El-Deiry, W. S. (2021). Tumor suppressor p53: Biology, signaling pathways, and therapeutic targeting. *Biochimica et biophysica acta. Reviews on cancer*, *1876*(1), 188556. https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2021.188556

Lambert, S. A., Jolma, A., Campitelli, L. F., Das, P. K., Yin, Y., Albu, M., Chen, X., Taipale, J., Hughes, T. R., y Weirauch, M. T. (2018). The Human Transcription Factors. *Cell*, *172*(4), 650-665. https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.01.029

Mercadante, A. A., Dimri, M., y Mohiuddin, S. S. (2023). *Biochemistry, Replication and Transcription*. StatPearls Publishing.

La mosca mexicana de la fruta: un enemigo local que pone en jaque a México

Víctor Manuel Almaraz-Valle[1], Carlos Eduardo Aguilar-Castillo[1], Rubén Santillán-Castillo[2] y Harol Gabriel Revelo-Tobar[1]

RESUMEN. La mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*) es un enemigo sigiloso que amenaza los huertos y la economía de miles de familias. Originaria de México y Centroamérica, actualmente, está presente en diferentes regiones del país e incluso se ha distribuido hasta los EE. UU., afectando las exportaciones. Este insecto deposita sus huevos en frutas sanas, donde nacen larvas que se alimentan de la pulpa y, por consiguiente, arruinan la cosecha. Gracias a su rápido ciclo de vida y gran capacidad de vuelo, su control resulta particularmente complicado. Por ello, México impulsa el Programa Moscafrut, que utiliza machos estériles para reducir las poblaciones sin afectar el ambiente. Además, *A. ludens* no es la única mosca de importancia en el país, también se encuentran *A. obliqua*, *A. serpentina*, *A. curvicauda* y *A. striata,* que afectan a diversas especies frutales. Estas plagas nos recuerdan que, detrás de cada fruta, hay ciencia, trabajo y compromiso para proteger los sabores que disfrutamos en cada bocado.

Palabras clave: moscas, frutos infestados, moscas de la fruta.

INTRODUCCIÓN

Imagina que estás recorriendo un soleado huerto lleno de naranjos y percibes el aroma dulce y refrescante de la flor de azahar que te invita, coquetamente, a probar uno de los tantos coloridos y jugosos frutos a tu alrededor. Te estiras para tomar aquel que luce más sabroso y procedes, lleno de antojo y gula, a desnudarlo, de forma ágil pero cuidadosa, de su áspera capa protectora, cada vez más ansioso por probar ya, su dulzor y frescura, que ayudarán, además del antojo, a saciar tu sed y hambre. La cáscara cede con facilidad, evidenciando

[1] Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología.
[2] Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad.

Recibido: 21/02/2026
Aceptado: 23/04/2026
Publicado: 21/08/2026

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

la madurez perfecta, como invitándote a probarla pronto, ¡incluso el sonido que se produce al retirarla te resulta placentero! Sin embargo, detrás de esta agradable escena, se esconde un «enemigo» silencioso, pequeño, ágil y voraz: se trata de *Anastrepha ludens* Loew, también conocida como la «mosca mexicana de la fruta». Las aborrecibles larvas transforman el cautivador comento en una situación terrorífica y decepcionante, aquel encuentro con tan dulces jugos se vio aplacado por la audacia y voracidad de los gusanos. ¡La mosca de la fruta actúa así!, casi imperceptible ante los ojos profanos y con el potencial de generar desastrosos desenlaces si no se controla con prontitud.

¿QUIÉN ES LA MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA?

La mosca mexicana de la fruta es una de las plagas agrícolas más temidas en México (Figura 1). Es llamada de esta manera porque las hembras colocan huevos dentro de una variedad de frutos sanos: allí nacen las larvas que devoran la pulpa. Este daño provoca que todos los frutos se pudran y caigan antes de la madurez, lo que afecta la cantidad y valor de la cosecha y, por consecuencia, a los productores y consumidores. La capacidad de esta mosca para atacar diferentes cultivos, como cítricos, mangos y guayabas, entre otros, la convierte en una gran amenaza.

Además, la habilidad para adaptarse a distintos climas y hospederos cultivables y silvestres hace que su control sea difícil. Aunado a eso, las larvas se protegen en el interior de la fruta, lo que las hace técnicamente invisibles para el manejo, por lo que convierte al manejo de plagas convencional en una práctica poco funcional.



Figura 1. Mosca mexicana de la fruta (hembra) posada sobre fruto de guayaba.

DISTRIBUCIÓN Y EXPANSIÓN GEOGRÁFICA

Esta mosca es originaria de México y Centroamérica y ha extendido su presencia a lo largo y ancho de las regiones tropicales y subtropicales del país. También la podemos encontrar en Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua y Costa Rica; su alto potencial de adaptación y la abundancia de hospederos en huertos de frutales domesticados como silvestres, ha favorecido su expansión, llegando hasta al sur de Texas y ocasionalmente reportada en California y Florida.

El esparcimiento de esta plaga no solo pone en riesgo las producciones locales, sino también las exportaciones, ya que muchos países imponen restricciones estrictas para evitar su entrada.

CICLO BIOLÓGICO Y COMPORTAMIENTO

La vida de la mosca mexicana de la fruta transcurre en un ciclo completo: huevo, larva, pupa y adulto, es decir, es un insecto holometábolo. Las hembras perforan la fruta para depositar sus huevos y la eclosión de estos sucede en promedio de 2 a 5 días. Las larvas nacidas se alimentan de la pulpa por aproximadamente 13 días, dañan el interior y provocan la caída prematura del fruto. Una vez en el suelo, las larvas salen a pupar. Tras varios días (12 días aproximadamente), emergen como adultos listos para reproducirse; los adultos son excelentes voladores, capaces de recorrer hasta 20 km por día y las hembras pueden poner decenas de huevos al día, lo que hace que la población crezca rápidamente.

EL IMPACTO EN LA ECONOMÍA Y EL CAMPO MEXICANO

En México, la mosca de la fruta provoca pérdidas económicas de aproximadamente 30 millones de dólares y pone en riesgo el ingreso de muchas familias, orillando al país a invertir gran cantidad de recursos en su control, para mantener abiertas las demandas de los mercados internacionales. Para los productores, ver su cosecha afectada por estas moscas es un golpe devastador, ya que no solo pierden frutos, sino también la confianza de sus compradores, la oportunidad de exportar y su economía es evidentemente afectada.

EL PROGRAMA MOSCAFRUT Y LA TÉCNICA DEL INSECTO ESTÉRIL

Frente a esta amenaza que traspasa fronteras, México ha apostado por la ciencia, más allá del uso de agroquímicos. El Programa Moscafrut emplea la innovadora técnica del insecto estéril (TIE): en los laboratorios de Metapa de Domínguez, Chiapas, se crían millones de moscas de la fruta. Aquí, se albergan cepas especiales las cuales, durante el estado de pupa (antes de que se forme el adulto), se identifican y separan por sexo mediante el color de la misma: los machos suelen ser marrones, mientras las hembras presentan tonalidades más claras u oscuras. Los machos son esterilizados mediante exposición a radiación con cobalto-60. Después de eso, se liberan desde aviones o vehículos terrestres en zonas productoras de frutas hospedantes con alta producción, como cítricos, mango, guayaba y otras frutas susceptibles. En México, estas liberaciones se realizan en los estados de Veracruz, Tamaulipas,

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

San Luis Potosí, Nuevo León y Chiapas, por su ubicación fronteriza y punto de entrada de plagas desde Centroamérica, así como en áreas de contención y zonas de amortiguamiento (áreas adyacentes a zonas sensibles), que rodean regiones libres de la plaga. También se intervienen zonas silvestres cercanas a huertos y zonas urbanas donde se encuentran árboles frutales domésticos que pueden actuar como reservorios alternos. Una vez liberados, los machos estériles compiten por aparearse con hembras silvestres, sin producir descendencia, lo que contribuye al control de *A. ludens*. Gracias al programa Moscafrut, se ha logrado reducir considerablemente la población de la plaga y proteger los cultivos.

NO TODAS LAS «MOSCAS DE LA FRUTA» SON IGUALES

Muchas veces *A. ludens* suele confundirse con *Drosophila melanogaster* Meigen, conocida como mosca del vinagre. Esta última aparece en los hogares cuando la fruta está sobre madura y se alimenta de la pulpa en fermentación. En cambio, la mosca mexicana de la fruta ataca la fruta sana o la que se encuentra directamente en el árbol, dañándola desde el interior. Además de *A. ludens*, en México existen otras especies de moscas de la fruta que afectan la producción, como *A. obliqua* Macquart, que afecta principalmente al mango y la ciruela; *A. serpentina* Wiedemann en zapote y mamey; *A. curvicauda* Gerstaecker sobre papaya y *A. striata* Schiner asociada a guayaba (Figura 2). Todas estas especies conocidas como moscas de la fruta forman parte de una de las familias más diversas de los dípteros llamada Tephritidae. Aunque cada especie tiene hospederos y hábitos específicos, comparten la capacidad de poner sus huevos en frutos sanos, lo que las convierte en plagas de alto impacto económico y social.

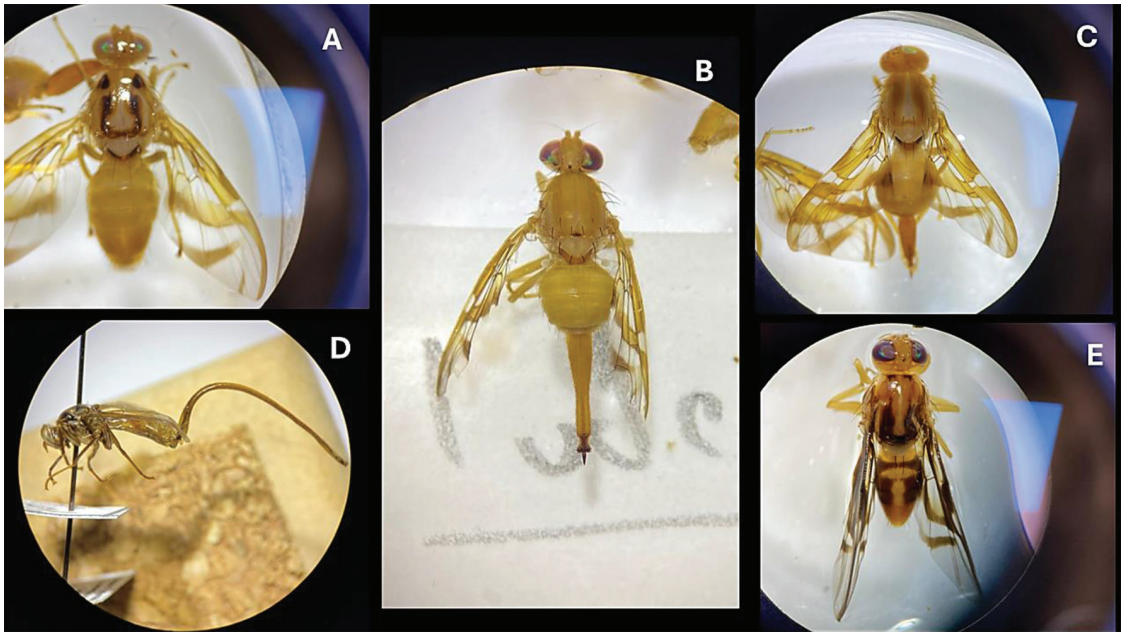


Figura 2. Moscas de la fruta. A) *A. striata*; B) *A. ludens*; C) *A. obliqua*; D) *A. curvicauda* y E) *A. serpentina.*

CONCLUSIÓN

La mosca mexicana de la fruta nos recuerda que detrás de cada fruta hay mucho esfuerzo, inversión, dedicación y lucha constante. Proteger nuestros huertos no es solo tarea del productor, también depende de nosotros: elegir frutas locales, apoyar a productores responsables y evitar transportar fruta entre regiones, estas acciones pueden marcar la diferencia.

¿Recuerdas nuestro imaginativo relato del inicio? ¿Qué sería peor en tu opinión: morder tu naranja y encontrar un gusano, o morderla y encontrar sólo medio gusano? Piénsalo. Aunque algunos podrían considerar esto último como un nutritivo aporte proteico para el cuerpo, estamos seguros de que a más de una persona le desagradaría ese escenario. Así que, la próxima vez que disfrutes de una naranja fresca, una rica guayaba, una agridulce ciruela o un mango jugoso, piensa en todo el trabajo detrás de ese sabor. Cada bocado es un triunfo sobre esta pequeña, pero poderosa mosca, enemiga de la calidad y la sanidad vegetal.

LITERATURA RELEVANTE

Birke, A., Acosta, E. y Aluja, M. (2015). Limits to the host range of the highly polyphagous tephritid fruit fly *Anastrepha ludens* in its natural habitat. *Bulletin of Entomological Research*, *105*(6), 743-753. https://doi.org/10.1017/S0007485315000711

Gutiérrez-Ramos, X., Vázquez, M., Dorantes-Acosta, A., Díaz-Fleischer, F., Peralta-Alvarez, C. A., Nuñez-Martínez, H. N., Arzate-Mejía, R. G., Recillas-Targa, F., Arteaga-Vázquez, M. y Zurita, M. (2020). Novel tephritid-specific features revealed from cytological and transcriptomic analysis of *Anastrepha ludens* embryonic development. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 103412. https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2020.103412

Hernández-Ortiz, V. y Pérez-Alonso, R. (1993). The natural host plants of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) in a tropical rain forest of Mexico. *Florida Entomologist*, 76(3), 447-460. https://doi.org/10.2307/3495645

Norrbom, A. L. (2022). *Anastrepha ludens* (Mexican fruit fly). *CABI Compendium*. https://doi.org/10.1079/cpc.5654.20210102611

Orozco-Dávila, D., Quintero, L., Hernández, E., Solís, E., Artiaga, T., Hernández, R., Ortega, C. y Montoya, P. (2017). Mass rearing and sterile insect releases for the control of *Anastrepha* spp. pests in Mexico - a review. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *164*(3), 176-187. https://doi.org/10.1111/eea.12581

Ramírez-Santos, E., Rendón, P., Gouvi, G., Zacharopoulou, A., Bourtzis, K., Cáceres, C. y Bloem, K. (2021). A novel genetic sexing strain of *Anastrepha ludens* for cost-effective sterile insect technique applications: Improved genetic stability and rearing efficiency. *Insects*, *12*(6), 499. https://doi.org/10.3390/insects12060499

Vanoye-Eligio, V., Barrientos-Lozano, L., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G. y Lara-Villalón, M. (2015). Regional-scale spatio-temporal analysis of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) populations in the citrus region of Santa Engracia, Tamaulipas, Mexico. *Journal of Economic Entomology*, *108*(4), 1655-1664. https://doi.org/10.1093/jee/tov134

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Modelar las lluvias del futuro: matemáticas y tecnología como una bola de cristal para evitar desastres

María Fernanda Jiménez Alegría[1,2],
Juan Carlos González Aguirre[1] y Alam Yair Hidalgo[1,2]

RESUMEN. Las inundaciones se han presentado con mayor frecuencia en los últimos años, este fenómeno ocurre debido al cambio climático que ocasiona tormentas de mayor intensidad que en el pasado. De igual manera, algunas inundaciones en las ciudades son el resultado de la falta de conciencia ciudadana, ya que las coladeras y sistemas de alcantarillado se ven obstruidos por los desechos arrojados en la calle. Las consecuencias de las inundaciones incluyen pérdidas materiales y económicas y, en los casos más graves, vidas humanas. El estado de Tabasco cuenta con una cuenca hidrológica muy extensa, ya que es atravesado por los ríos Grijalva y Samaria, dos de los ríos más caudalosos del país, que, al desbordarse, ocasionan daños a los pobladores, tanto a quienes viven en sus márgenes como a quienes habitan en ciudades aledañas. En este artículo, explicamos de forma sencilla y didáctica cómo las simulaciones de escenarios de inundación ayudan a comprender cómo se produjeron y, sobre todo, cómo la simulación de estos eventos podría ayudar a prevenir pérdidas entre la población. También presentamos ejemplos basados en los eventos que ocurrieron en octubre de 2007 en la planicie tabasqueña, con el fin de ilustrar mejor cómo las simulaciones pueden contribuir a mitigar los daños y como podrían ser utilizadas por las autoridades para la toma de decisiones oportunas.

Palabras clave: inundaciones, simulaciones, modelos matemáticos, volúmenes finitos, ríos.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones se han convertido en uno de los desastres naturales más recurrentes en las

[1] Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco. mfernanda_jimenez@hotmail.com; juan.gonzalez@comalcalco.tecnm.mx; alam.yair.hidalgo@gmail.com

[2] División Académica de Ciencias Básicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Recibido: 12/06/2026
Aceptado: 22/08/2026
Publicado: 25/08/2026

últimas décadas, como resultado de lluvias intensas asociadas con el cambio climático, la reducción de los cauces de ríos y cuerpos de agua (debida, en parte, al crecimiento de las zonas habitacionales y a la construcción en antiguos vasos reguladores y zonas de descarga de los ríos), la acumulación de basura en cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado. Las consecuencias de las inundaciones incluyen pérdidas materiales (enseres domésticos, viviendas, entre otros), interrupciones en las actividades económicas (las carreteras son bloqueadas por encharcamientos con una profundidad de agua considerable, ruptura de las vías de comunicación, fallas en el sistema de telecomunicaciones, entre otros problemas), desplazamientos de personas que viven en las márgenes de los ríos y pérdidas humanas. Tabasco es una planicie con una elevación media de 21 metros sobre el nivel del mar. También cuenta con una de las cuencas hidrológicas más grandes del país, por la planicie tabasqueña cruzan, en su camino hacia el mar, los ríos Grijalva y Usumacinta, los cuales forman el sistema más caudaloso del país, entre ambos suman una descarga anual de 104 billones de litros, lo que representa una tercera parte del escurrimiento fluvial en México. Para dimensionar la cantidad de agua que pasa anualmente por Tabasco, este volumen equivaldría a llenar 41 millones de albercas olímpicas o 100 mil veces el Estadio Azteca (actualmente, Estadio Banorte). ¿Cómo llega toda esa agua a Tabasco? Por su parte, el río Grijalva baja desde la sierra chiapaneca y está controlado por un sistema de presas administrado por la Comisión Federal de Electricidad para la generación de energía eléctrica. Dicho complejo está formado por las presas Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. El río Usumacinta baja desde Guatemala y corre sin algún sistema de control en su paso desde su nacimiento hasta su desembocadura en el mar. Todas estas condiciones, combinadas con eventos climáticos extraordinarios, han dado como resultado inundaciones importantes, tales como las que se presentaron en el año 2000 por el desbordamiento del río Carrizal (el río Grijalva en la planicie tabasqueña se divide en el río Samaria y el río Carrizal). En el año 2007, más del 80 % del territorio tabasqueño se inundó (desfogue masivo de la presa Peñitas, avenidas importantes de los ríos de la sierra chiapaneca, intensas lluvias). En el año 2020, el río Usumacinta ocasionó inundaciones importantes en el municipio de Macuspana, dejando a su paso alrededor de 25 mil viviendas afectadas y más de 90 mil personas damnificadas. En Valencia, España, en el año 2024, se suscitaron inundaciones severas y afectaciones materiales y humanas originadas por la depresión aislada en niveles altos (DANA), que ocasionó lluvias importantes y con ello, flujos extraordinarios de los ríos y su desbordamiento. Es por fenómenos como estos que es indispensable fomentar una cultura de prevención y contar con herramientas que permitan anticipar escenarios críticos y mitigar las pérdidas. Dados los avances tecnológicos, el aumento de la capacidad de cómputo y el manejo masivo de datos, la herramienta más viable es la simulación de dichos escenarios, es decir, intentar predecir (como tener una bola de cristal) dónde se producirán las mayores afectaciones y cuáles serán las dimensiones de las afectaciones desde una visión global. Para poder realizar esa visión al futuro, se necesitan dos herramientas fundamentales: las matemáticas y la computación. ¿Por qué? Con las

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

matemáticas podemos formular ecuaciones cuyos resultados indiquen cuánto aumentará el nivel del agua en cierta región, con qué rapidez lo hará y hacia dónde se dirigirá. El problema es que esas ecuaciones no se pueden resolver con las técnicas que nos enseñaron nuestros profesores de educación básica, media superior o universidad, no hay una solución explícita en la que podamos sustituir valores y conocer las respuestas que estamos buscando. Una forma de obtener la respuesta que buscamos (dónde y cuándo se inundará) es mediante el uso de procesos computacionales (cálculos numéricos) que permitan conocer valores aproximados de la solución que buscamos (sí, aproximados, pues no siempre es posible calcular la solución exacta). La suma de matemáticas y computación ha originado el desarrollo de programas computacionales que proporcionan esas aproximaciones que nos ayudarán a predecir las inundaciones. Estas serían nuestras «bolas de cristal». Algunos ejemplos de estos programas son: HEC-RAS, MIKE+2D, GUAD 2D, IBER o HySEA, los cuales han ganado popularidad ya que los resultados que dan son muy cercanos a la realidad. Esto se comprueba al observar que sus resultados han sido comparados con datos que se han recabado de eventos pasados (fueron validados y contrastados con la realidad).

El uso adecuado de estas herramientas abre la puerta a una gestión del agua más informada y responsable. Estas herramientas permiten planificar de manera preventiva, diseñar obras de protección, organizar mejor la respuesta ante emergencias y fortalecer la convivencia armónica con los ríos y cuerpos de agua. En este artículo se presenta una explicación accesible de las ecuaciones matemáticas que ayudan a predecir el comportamiento del agua en ríos, lagos, lagunas y canales; se exponen los métodos numéricos utilizados para aproximar las soluciones y se muestran algunos resultados generados para recrear escenarios pasados. El objetivo es mostrar cómo estas tecnologías pueden contribuir a reducir el impacto de futuras inundaciones y a construir comunidades que tengan una cultura sólida de la convivencia con el agua.

MODELO MATEMÁTICO Y ESQUEMA NUMÉRICO

Galileo Galilei dijo que las matemáticas son el lenguaje con el que está escrito el universo, y el flujo de agua no es la excepción. La manera en que se comporta el agua puede describirse mediante un sistema de ecuaciones, que se conoce como las ecuaciones de aguas someras o ecuaciones de Saint-Venant. Entenderemos por aguas someras aquellas que fluyen en un cuerpo de agua cuya profundidad es mucho menor que su extensión superficial. Pensemos en un río que tiene 3 metros de profundidad y que de ancho mide 100 metros. Cuando se cumple esta condición, podemos hacer una simplificación que nos facilitará la vida: asumir que el agua se comporta casi igual en la superficie que cerca del fondo. Esto permite estudiar matemáticamente el movimiento del agua solo en dos direcciones, a lo ancho y a lo largo, como en un mapa plano, facilitando enormemente los cálculos sin perder precisión ante las leyes de la física, como la gravedad o la fricción con el suelo. Los cálculos que se deben hacer para estudiar el movimiento del agua implican conocer la velocidad y la profundidad de la misma en cada punto sobre

el río (lago, laguna, canal o afluente), dichos cálculos se hacen con ayudad de una computadora. ¿Cómo resuelven las computadoras estas complejas matemáticas para predecir inundaciones? Como no hay una fórmula que nos dé el resultado directo (como las que hemos conocido desde la educación secundaria), se utiliza una técnica computacional llamada método de volúmenes finitos.

Imaginemos que tomamos el mapa satelital de una ciudad o un río con sus alrededores y lo dividimos en miles de pequeños triángulos, creando una especie de malla virtual sobre el terreno. Cada uno de esos triángulos funciona como una celda o «cubeta» individual. El programa de computadora se encarga de registrar cuánta agua hay en cada triángulo y a qué velocidad se mueve. Para saber qué va a pasar en un triángulo en el futuro, la computadora calcula cuánta agua está entrando desde los triángulos vecinos y cuánta agua está saliendo en el presente. De esta forma, si le proporcionamos al programa los datos iniciales de una tormenta, la computadora podrá calcular, triángulo por triángulo y paso a paso, cómo avanza la mancha de agua sobre la ciudad o sobre el río.

Para garantizar que estos cálculos hechos por la computadora sean confiables y reflejen la realidad, los programas deben cumplir con una propiedad fundamental: ser bien equilibrados (a esta característica algunos científicos la llaman «propiedad de conservación»). En términos sencillos, esto significa que el programa diseñado para la computadora no debe inventar corrientes imaginarias o movimientos espurios (que no pasan en la realidad). Para comprobarlo, los científicos que desarrollan el programa lo someten a la «prueba del agua en calma»: consiste en simular un lago en el cual no hay corriente ni viento, es decir, un lago donde el tiempo se ha parado, donde nada se mueve. La computadora debe ser capaz de calcular que el agua se mantiene perfectamente quieta. Solo si el modelo pasa esta prueba, las autoridades pueden confiar en él para estimar en qué momento los niveles de una inundación real dejarán de crecer y se estabilizarán y más aún que los niveles máximos y la extensión máxima alcanzada por el agua son confiables.

APLICACIONES EN LA REALIDAD

La combinación del modelo de aguas someras con el método de volúmenes finitos ha permitido desarrollar diversos programas capaces de simular el comportamiento del agua en ríos, lagos y lagunas. Las predicciones generadas por estas herramientas resultan valiosas para planificar acciones de prevención y reducir el impacto de posibles inundaciones. Un ejemplo destacado es la recreación numérica de las inundaciones que afectaron a Villahermosa en 2007. En la Figura 1 puede observarse, arriba, la zona empleada para la simulación, mientras que la imagen de abajo muestra la vista en planta correspondiente a las condiciones del 31 de octubre de ese mismo año.

Los resultados obtenidos en las simulaciones se compararon con la información registrada durante las inundaciones reales y mostraron una concordancia notable. Esto permite afirmar que estos modelos no solo reproducen con fidelidad lo ocurrido, sino que también ofrecen estimaciones útiles en zonas donde no hubo reportes directos. Además, facilitan la comprensión de cómo evolucionó el

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

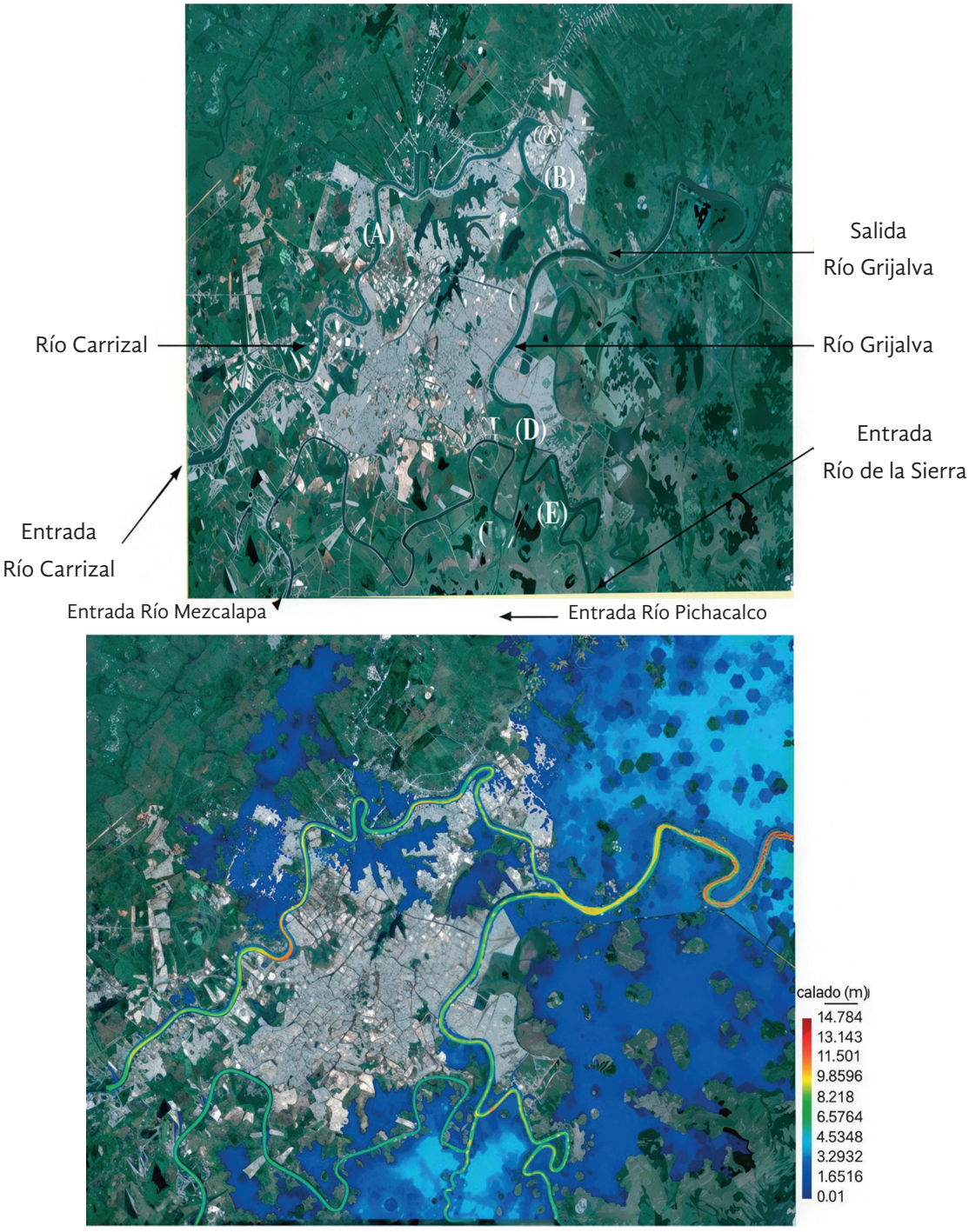


Figura 1. Arriba: Mapa satelital de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, indicando la entrada y salida de los ríos principales (Carrizal y Grijalva). Esta fue el área utilizada para crear la malla de simulación. Abajo: Recreación por computadora de la inundación del 30 de octubre de 2007. La escala de colores a la derecha indica la profundidad del agua (calado) en metros: los tonos azules muestran zonas con agua superficial o encharcamientos, mientras que los colores amarillo, naranja y rojo marcan las profundidades más críticas dentro y fuera del cauce del río. Tomado de González-Aguirre *et al.* (2016).

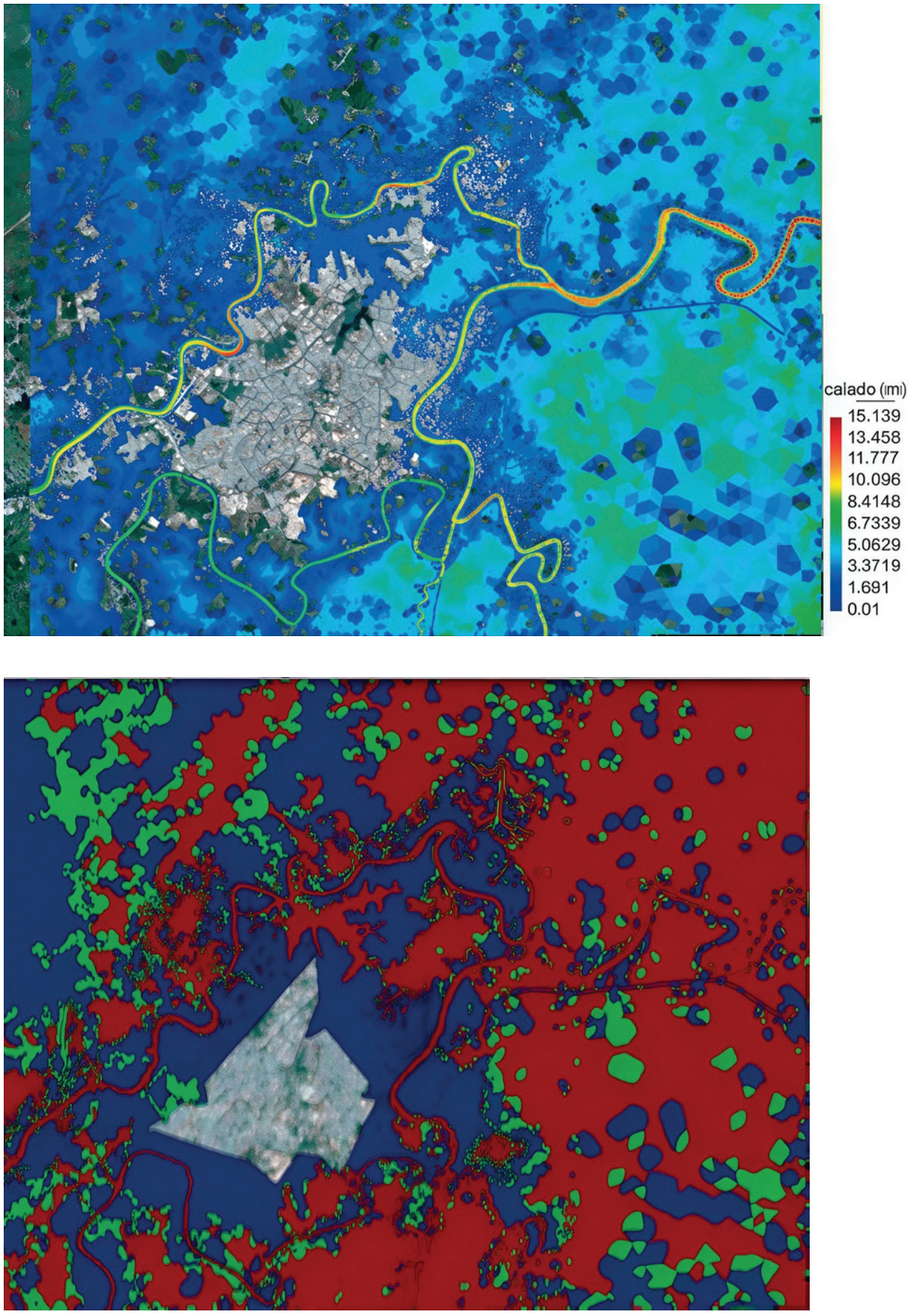


Figura 2. Arriba: Avance de la simulación para el 31 de octubre de 2007, mostrando (en tonos azules y celestes) cómo el desbordamiento invade zonas urbanas densamente pobladas. Abajo: Atlas de riesgo generado a partir de estos cálculos. Este tipo de mapas colorea las zonas de la ciudad según su nivel de peligro (alto, medio o bajo riesgo de inundación), convirtiéndose en una herramienta vital para que las autoridades decidan dónde construir refugios o qué colonias evacuar primero. Tomado de González-Aguirre *et al*. (2016).

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

fenómeno y qué condiciones llevaron a alcanzar los niveles de agua observados.

Gracias a estas aproximaciones, es posible generar sistemas de alerta temprana que indiquen qué áreas podrían verse afectadas primero, permitiendo organizar evacuaciones con mayor anticipación. Del mismo modo, las simulaciones ayudan a identificar sitios más seguros para el resguardo de la población. A partir de estos análisis, los atlas de riesgo pueden incorporar recomendaciones precisas sobre las zonas con mayor probabilidad de sufrir daños materiales o pérdidas humanas.

Por estas razones, la simulación numérica de eventos hidrometeorológicos extremos (como las inundaciones) se ha convertido en una herramienta cada vez más utilizada. Su aplicación contribuye a reducir los impactos de estos fenómenos y a respaldar las decisiones que deben tomar las autoridades para proteger tanto a la ciudadanía como a su patrimonio.

LITERATURA RELEVANTE

BBC News Mundo. (30 de octubre de 2024). Qué es una DANA, el fenómeno meteorológico que provocó las lluvias torrenciales que han dejado decenas de muertos en el sureste de España. *BBC News Mundo*. https://www.bbc.com/mundo/articles/cj6k5xk648zo.

Comisión de Asuntos Hidráulicos. (2009). *Informe de las inundaciones de 2007 en el estado de Tabasco, diagnóstico preliminar.* Senado de la República, México.

González-Aguirre, J., Vázquez-Cendón, M. E. y Alavez-Ramírez, J. (2016). Simulación numérica de inundaciones en Villahermosa México usando el código IBER. *Ingeniería del Agua*, *20*(4), 201-216. https://doi.org/10.4995/ia.2016.5231

Harten, A., Lax, P. D. y Van Leer, B. (1983). On upstream differencing and Godunov-type schemes for hyperbolic conservation laws. *SIAM Review*, 25(1), 35-61. https://doi.org/10.1137/1025002

LeVeque, R. J. (2002). *Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems*. Cambridge University Press.

¿El gato... está por domesticar?

Alfonso Silva Lee

RESUMEN. El gato doméstico mantiene con el ser humano una relación singular, caracterizada por un grado de independencia que lo distingue notablemente de otros animales domesticados. Este artículo ofrece un recorrido divulgativo por la historia evolutiva, biológica y cultural de los félidos, con especial atención al origen y expansión del gato doméstico y a las características que aún lo vinculan estrechamente con sus antepasados salvajes. Se revisan algunos de sus atributos anatómicos, fisiológicos y conductuales, así como su condición de carnívoro especializado, sus extraordinarias capacidades físicas y su histórica asociación con distintas sociedades humanas. Desde su carácter sagrado en el antiguo Egipto y su presencia en mitologías y supersticiones, hasta su papel como controlador de roedores en asentamientos humanos y embarcaciones, el gato ha ocupado un lugar destacado en nuestra cultura. También se aborda la otra cara de esta exitosa expansión: el impacto que los gatos ferales y semidomésticos pueden ejercer sobre la fauna silvestre, particularmente en ecosistemas insulares. Finalmente, se reflexiona sobre la paradójica convivencia entre humanos y gatos: una relación milenaria en la que, pese a la cercanía y dependencia desarrolladas, el gato conserva buena parte de la autonomía, comportamiento depredador y carácter enigmático propios de un animal esencialmente salvaje.

Palabras clave: gato doméstico, félidos, domesticación, comportamiento animal, evolución, gatos ferales, relación humano-animal.

■ ■ ■

Una de las sentencias a la vez más simpáticas, rotundas y profundas relativas al gato vino de un hombre de letras muy erudito, pero estaba en un libro que nada tenía que ver con la zoología, y ni siquiera con la biología: era un texto

Recibido: 04/02/2026
Aceptado: 21/08/2026
Publicado: 25/08/2026

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. alfonsosl45@gmail.com

acerca de las religiones. Decía, en síntesis, que los perros consideraban a sus amos, dioses; pero que los zarpudos se comportaban con las personas como si *ellos* fueran un ser supremo.

Uno debe tener cuidado –ser sospechoso– con las afirmaciones simpáticas y rotundas, pues a menudo subrayan una característica, al tiempo que soslayan otros aspectos importantes del fenómeno en cuestión. En este caso, sin embargo, la aseveración es válida hasta la médula, y hay que perdonarle la implicación, clara por demás, de que los canes y los mininos hayan podido producir en su cerebro concepto verbal alguno, y mucho menos uno tan abstracto como «dios».

Sin lugar a duda, el perro es uno de los animales más mansos y más dependientes del ser humano. Pero el gato es lo opuesto: el más independiente. Su autonomía es casi absoluta. No fue una ligereza que, en su *Oda al gato*, el Nobel chileno Pablo Neruda haya dicho que este animal «*nació completamente terminado,/ camina solo y sabe lo que quiere*.». (En lo adelante aparecerán otras líneas de este poema, que irán siempre entre paréntesis, entrecomilladas y en cursivas).

Mientras no tengan hambre, los gatos se echan sobre un promontorio, tan regios e inmóviles como sus estatuas en los viejos templos del Oriente Medio y el norte de África, para contemplar el mundo como si ellos fueran, en efecto, sus dueños absolutos («*pequeño emperador sin orbe*»). Y cuando tienen hambre, la satisfacen a menudo por su propia cuenta con lo que encuentren: paloma o gorrión, lagarto o ratón. A nosotros nos dedican poca atención; o ninguna.



Figura 1. Imagen generada con la IA ChatGPT.

LOS GATOS EN LA CULTURA

En las tierras al sureste del mar Mediterráneo, el gato fue considerado sagrado. Los egipcios fantasearon a las diosas Bastet y Mafdet en forma de gato –y luego humana, pero con cabeza de gato–, y les hacían ofrendas de gatos momificados. Una de sus ciudades, Bubastis, tenía un templo dedicado a Bastet, repleto de gatos vivos; y en su nombre se celebraba cada año un festival de mucho jolgorio.

Los japoneses creyeron al felino un animal de buena fortuna; y la diosa Freija, de la mitología nórdica, va por el mundo montada en un carruaje halado por zarpudos. Algunas religiones han considerado que los gatos representan almas especiales que lo saben todo, aun cuando sean, al respecto, mudos (esto quizás dio pie para uno de los cuentos más divertidos de la literatura universal, *Tobermory*, del escocés H. H. Munro [1870-1916, cuyo seudónimo era Saki], en el que un visitante regular enseña a un gato a hablar, luego de lo cual el animal comienza a hacer pública la hipocresía reinante en aquel hogar).

Los zoólogos no están de acuerdo respecto a si deben juntar o no al gato doméstico, *Catus silvestris*, con los mininos de otras poblaciones salvajes que habitan los trópicos y subtrópicos del Viejo Mundo. Para la mayoría, las



Figura 2. Imagen generada con la IA ChatGPT.

diferencias son de poco peso, y apenas valen para separarlos como subespecies. En el fondo, el minino de las casas es más salvaje, que doméstico.

La gran familia de los gatos, Felidae, agrupa cuarenta especies vivientes, y aunque presentan mucha diferencia de tamaño (un tigre siberiano puede llegar a pesar unos 300 kg), la mitad de ellos tiene, poco más o menos, el tamaño y la pinta de los zarpudos caseros. Los lazos de sangre son evidentes: un cuerpo tan elástico, que parece estar hecho de puro caucho; dientes que parecen agujas y puñales; reflejos como de relámpago; y patas terminadas en una almohadilla de apariencia inocente que permite el andar más sigiloso del mundo... («*todo es inmundo para el inmaculado pie de un gato*»), pero que esconde garfios extensibles capaces de retener –y hasta herir de muerte– a sus presas.

La familia de los félidos es joven. Los fósiles más antiguos han sido encontrados en Mongolia, Alemania y España, y tienen unos 25 m.a. de antigüedad. El posible antecesor de las especies vivientes quizás haya sido *Proailurus*, una criatura de unos 10 kg cuyos garfios ya eran, cuanto menos, algo retráctiles.

Los descendientes de *Proailurus* hicieron excelente uso de los puentes naturales que en ocasiones han unido a las masas continentales. Gracias a dichos puentes, hace unos veinte millones de años pasaron de Eurasia a África y a Norte y Suramérica; y en los últimos millones de años sus descendientes dieron otros viajes, de ida y de vuelta, entre el Viejo y Nuevo Mundos. Eso sí, por su cuenta nunca llegaron a colonizar Australia, Groenlandia ni, por supuesto, la Antártida.

Según los genetistas, las razas de gatos domésticos actuales derivan de los zarpudos que vivieron unos diez milenios atrás en los asentamientos humanos del Oriente Medio, donde debió ser considerado un animal en extremo útil, pues con toda naturalidad contenía los destrozos que podían ser provocados por ratas y ratones («*policía secreta de las habitaciones*»).

Hoy se reconocen unas setenta razas de gato doméstico («*mínimo tigre de salón*»). De una a otra hay, por supuesto, cierta diferencia, pero jamás tanto como la existente entre las razas de perros. Hay gatos casi desprovistos de pelo, y otros muy peludos; algunos tienen una cola muy corta, poseen orejas reducidas, la cara achatada, o son delgadísimos y patilargos; y los hay de coloración muy peculiar, con rayas que recuerdan las de un tigre o manchas como de leopardo. Otra raza –la *munchkin*–, de reciente creación, tiene las patas cortísimas; y otra más, lograda a partir de la raza persa, es extremadamente pequeña: cabe en la palma de la mano.

MININOS DOMÉSTICOS MUY VIAJEROS

Se desconoce quién llevó los primeros gatos domésticos, unos siete mil años atrás, a China;

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

y quién lo trasladó, hace unos tres mil, a Europa. Mucho después, al comenzar en serio la navegación oceánica, el gato conquistó el resto del planeta. No iba como pasajero, ni como polizonte, sino como verdadero tripulante: su trabajo consistía en eliminar las ratas y ratones que tanto daño podían hacer a cuanto alimento estuviera almacenado..., y tan propensas a trasmitir enfermedades y a roer las sogas y los maderos.

Como que se trataba de gatos, los de a bordo fueron objeto de múltiples supersticiones. Se creía que daban buena suerte; y que lo mismo podían proteger a una embarcación contra las tormentas, que atraerlas mediante una potencia mágica concentrada en el rabo.

Durante la Segunda Guerra Mundial, algunos gatos que vivían en embarcaciones de guerra se convirtieron en celebridades. Uno de estos mininos-marineros sobrevivió el hundimiento del *Prince of Wales*; otro, a bordo de un guardacostas, desarrolló la costumbre de tratar de perseguir las estelas de las balas trazadoras del enemigo; otro circunnavegó el planeta cinco veces a bordo del *Picton Castle*, y hasta llegó a recibir cartas de idolatría; y otro más dormía en una minihamaca preparada expresamente para sus dimensiones... El más famoso fue Oscar, que entre el 27 de mayo de 1941 y noviembre de ese mismo año sobrevivió tres hundimientos: fue llevado de una embarcación que se iba a pique, a otra sana. Del *Bismarck* lo pasaron al *Cossack*, y de este último, al *Ark Royal*... Al final, se ganó un sobrenombre: El inhundible Sam (sí, le cambiaron el nombre...).

Por el mundo entero, en las ciudades hay más gatos que perros; su población supera los quinientos millones. A ellos hay que añadir la enorme y desconocida cantidad que son ciento por ciento ferales (o jíbaros), y los muchos cuya existencia transcurre en la amplísima frontera entre la domesticidad y la total independencia. Por otro lado, varios estudios han permitido constatar que, sobre todo en la noche, hasta los gatos más «domésticos» son capaces de escurrirse a centenares de metros de su hogar («... *todos se creen dueños,* [...] *o amigos /de su gato*. [...] */Yo no*.»).

Aunque es conocido que los tigres siberianos en ocasiones comen frutillas silvestres, los félidos son tan estrictamente carnívoros como los tiburones y los cocodrilos. Los potentes músculos dedicados a cerrar la boca han obligado a los zarpudos a casi desechar la capacidad para masticar: su dentadura está compuesta por piezas especializadas en hincar y retener las presas, y los dientes molares tienen cúspides y bordes altos, afilados, destinados a cortar. Lo de ellos es desgarrar y tragar carne.

Tan vertical carnivorismo permite a los gatos obtener casi toda el agua que necesitan a partir del alimento, pero les ha hecho perder la capacidad para saborear los azúcares. En ocasiones comen hierba, pero se desconoce la razón. Esta pudiera ser una manera de obtener ciertos ácidos indispensables, o puro apetito por ciertas proteínas de origen vegetal. Comoquiera, su reducida dieta los ha hecho suscep-



Figura 3. Imagen generada con la IA ChatGPT.

tibles a múltiples compuestos y medicamentos que para la inmensa mayoría de los mamíferos no ofrecen el menor peligro, entre los cuales están los calmantes y los aceites esenciales. Si se les da a comer cebolla, ajo o chocolate... enferman.

NUESTRA INESTABLE RELACIÓN CON LOS GATOS

La enorme autonomía de los gatos –o exceso de emancipación, de soberanía, o como le queramos llamar–, junto con la insondable calma que los caracteriza y la capacidad para sobrevivir circunstancias que hubieran matado a otra criatura, han dado lugar una relación muy ambigua con el animal.

Durante la Edad Media, los gatos la pasaron mal por toda Europa. En su *Historia de las bestias de cuatro patas* (1607), el clérigo Edward Topsell afirmó que el gato «era una bestia sucia e impura que vivía de sabandijas y rapacidad»; y los historiadores indican que a los médicos les preocupaba el «peligroso» aliento de los mininos. Por aquel tiempo era común quemar gatos vivos; y, en las ferias, dispararle a gatos encerrados en canastos.

Los gatos tienen habilidades que nos dejan perplejos. Cualquiera puede hacer un experimento sencillo e inocente con el que tenga a mano, que consiste en sostenerlo por la espalda, subirlo a la altura de un metro, y de repente dejarlo caer. No hay peligro alguno para el animal: en su corto recorrido hasta el suelo realizará algo así como un acto de magia, pues con la mayor y más asombrosa naturalidad se contorsionará, logrará enderezarse, y lo primero que pondrá en el suelo serán sus cuatro patas (las salamancas, por cierto, comparten la destreza). A más altura, el experimento dejaría de ser inocente, aunque es conocido que algún que otro minino ha caído desde un balcón o ventana de un segundo o tercer piso sin sufrir el menor daño; unos pocos han resbalado desde mayor altura, y apenas se han partido alguna pata.

A los nueve días del terremoto que en agosto de 2016 casi demolió entera la ciudad italiana de Amatrice –y produjo unas trescientas víctimas humanas–, los rescatistas sacaron de debajo de los escombros, vivo y coleante, a un perro perdiguero (o labrador). Eso asombra. Pero mucho más es que a los *dieciséis* días de tan tamaña destrucción hayan extraído, también sano y salvo, a un gato. Nadie supo si durante esas dos semanas y pico de absoluto encierro, Pietro –pues así se llamaba– alcanzó a atrapar algún que otro ratón. Aunque haya tenido esa suerte, Pietro califica como supergato.

Aun cuando instintivamente todos los félidos son capaces de nadar (algunas especies pequeñas son, en los arroyos y manglares del sur de Asia, pescadoras y comecangrejos profesionales) y hay personas que han logrado enseñar a su gato a patinar sobre las olas encaramados sobre una tabla, está claro que los félidos no son muy hábiles para avanzar por el líquido. Eso explica por qué nunca lograron, por su propia cuenta, colonizar muchas islas, incluso las que están a escasos kilómetros de un continente.

Por su cuenta, los gatos pueden causar enormes estragos a la fauna de las islas. Son víctimas de ellos, en particular, las aves y los reptiles propios de los lugares donde nunca antes había habido un felino. Con la asistencia de las mangostas, los mininos han sido respon-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

sables de la completa extinción de lagartos terrestres muy mansos y aves incapaces de volar que habían evolucionado en algunas islas oceánicas.

Por todo el planeta, los zarpudos han hecho serios daños en ciertos islotes y playas donde anidaban, en masa, diferentes especies de aves marinas. Y en Australia, su impacto ha provocado la atención del gobierno, dando lugar a medidas de control y hasta leyes, pues allí los gatos ferales –cuya población ha sido estimada en veinte millones– amenazan la supervivencia de más de un centenar de mamíferos endémicos. En el enorme continente-isla se han propuesto normas para la posesión de gatos domésticos que implican su esterilización y, con el fin de identificarlos individualmente y poderlos localizar, introducirles bajo la piel un microchip. Los animales semidomésticos deben ser adoptados, enviados a un refugio, o eliminados mediante algún procedimiento que evite todo tipo de tormentos. La supresión de los animales ferales ha sido motivo de mucho estudio, y se basará en el uso de trampas, cercas y venenos especiales.

Es conocido que un solo gato bastó para eliminar un ave. En la pequeña isla Stephens sobrevivía la población remanente del reyezuelo (un pajarillo –*Traversia lyalli*, también llamado «troglodita»– de cola cortísima y alas muy reducidas, incapaz de volar) que antes ocupaba toda Nueva Zelanda (de donde había sido extirpado por las ratas introducidas por los maoríes). A mediados de 1894, luego de la construcción de un faro, un primer gato fue llevado a la isla, y en los meses siguientes el zarpudo llevó al recinto múltiples cadáveres de reyezuelos. A fines de ese mismo año, en Stephens no quedaba ni uno.

Por si acaso los quinientos millones de gatos domésticos no fueran prueba suficiente del encanto de los zarpudos, ahí están los personajes de gato que han surgido en el universo de las películas de dibujos animados: el simpático (y «malvado») Tom, de *Tom & Jerry*; los encantadores personajes de *Los aristogatos* (estrenada en 1970); y la atención de otro poeta Nobel, el estadounidense-británico T.S. Eliot (1888-1965).

En 1939, Eliot publicó un poemario para niños dedicado a las costumbres y misterios de los gatos, *Old Possum's Book of Practical Cats*. En el primer poema, titulado *Acerca de cómo nombrar a un gato*, Eliot indicó que cada zarpudo debería tener tres nombres: el normal –como Pedro, Augusto, Víctor o Jorge, u otros de mayor dignidad, como Platón, Admetus, Electra o Demetrio–; un segundo nombre –como Munkustrap, Quaxo, Coricopat, Bombalurina o Jellylorum–, que jamás fuera compartido con otro minino; y un tercer nombre, imposible de descubrir, pero conocido *por el propio gato*. Al final del poema, Eliot escribió que «*Cuando ves a un gato en profunda meditación,/ el motivo, te aclaro, es siempre el mismo:/ su mente está ocupada en la extasiada contemplación de la idea, de la idea, de la idea de su nombre…*/[…], *de su singular, profundo y inescrutable Nombre*.».

Años después, algunos de los poemas de Eliot fueron llevados al teatro con acompañamiento musical, y en 1981 su totalidad sirvió de base para *Cats* (o «*Gatos*»), unos de los musicales más famosos de todos los tiempos. Esta obra, de puros zarpudos humanizados –cuyos nombres corresponden a los segundos apelativos propuestos por Eliot–, fue estrenada en Londres, y se mantuvo en escena duran-

te veintiún años (y su producción en Nueva York, dieciocho). Ha sido puesta en escena, además, en una veintena de otros países, en sus respectivos idiomas, y hasta el día de hoy su reposición sigue siendo común. El escenario de *Cats* es un solar yermo, la hora es la medianoche (con una luna muy llena al fondo), y las cuatro decenas de actores están maquillados como gatos, con pelucas y trajes de abundantes hilachas, con orejas y cola postizas. La música solo puede ser calificada de sublime, y la obra entera es un homenaje al misterio y los dramas de la gatidad ([el gato es] «*una sola cosa, como el sol o el topacio*»).

A pocas personas se les ocurriría imaginar a un gato en las funciones de perro guardián. Pero hasta en esto hay mininos excepcionales. Existe un video, tomado por una cámara de seguridad, en el que se ve a un niño de cuatro años montando carriola cuando es atacado, mordido y arrastrado por el césped por un perro de tamaño respetable (sus heridas luego requirieron diez puntos de sutura). Al instante del ataque, el gato del hogar –su primer nombre era Tara– dejó el sitio desde donde había estado disfrutando el paisaje, y embistió al can sin protocolo alguno. Casi se incrustó contra él, propinándole, al mismo tiempo, varios zarpazos. El perro enseguida soltó al chico, pero Tara, como para darle al asunto una solución a fondo, lo persiguió a toda carrera hasta más allá de los límites del jardín...

Unas pocas razas de gato –como las foldex y persa–, que han sido infantilizadas por los criadores, pudieran ser consideradas «domésticas». Pero la inmensa mayoría de los zarpudos, incluso los que viven encerrados en los apartamentos de las grandes ciudades, parecen ser, en esencia, salvajes. Salvajes... y en extremo enigmáticos.

(«...*Yo no conozco al gato./* [...] *Mi razón resbaló en su indiferencia*...».)

LITERATURA RELEVANTE

Bierce, Ambrose (1911). *The Devil's Dictionary*. Dover Thrift Editions.

Burkert, Walter (1996). *Creation of the Sacred. Tracks of Biology in Early Religions*. Harvard University Press.

Campbell, Joseph (1988). *The Power of Myth*. (*with Bill Moyers*). Doubleday.

Dawkins, Richard (1996). *Climbing Mount Improbable*. W. W. Norton and Co.

Hitchens, Christopher (2007). *God is Not Great*. *How Religion Poisons Everything*. Twelve.

O'Brien, Stephen J. y W. E. Johnson (2007). The evolution of cats. *Scientific American*, *297*(1), 68-75.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Las preguntas al Poder: saberes y metodologías por descubrir con la inteligencia artificial (generativa)

Gabriela Scartascini Spadaro

RESUMEN. Frente a la incorporación de la inteligencia artificial generativa (IAG) en la educación, surgen interrogantes, entre ellos, ¿Es suficiente para el aprendizaje significativo crear correctamente un *prompt*?; ¿qué estrategias implementar para generar actividades que coadyuven al pensamiento situado y crítico en la investigación académica?; ¿cuál es la función de la creatividad humana en la aplicación de la IA? ¿cómo preguntar y superar el nivel de objeto de estudio de la IA en el que nos podemos llegar a convertir? Estas y otras preguntas a responder son las que dialogamos en este artículo para que la reflexión posterior quede a cargo de los lectores. La información que contienen las IAG resuelven dudas en segundos y esto, tal vez es una gran ventaja a la hora de ahorrar tiempo, pero, ¿tiempo para qué? Y las preguntas se tornan poderosas si las podemos responder para entender dónde estamos parados frente a esta cotidianidad tecnológica que es presente y futuro. ¿Cómo organizar los saberes?; ¿qué ganamos o perdemos en educación universitaria si no sabemos cómo opera o plasma en un texto o en una imagen la IAG? En la globalidad enmarcada por el protagonismo de la IAG, reflexionar y preguntar sobre su presencia y cómo utilizarla es cómo podemos mantener la subjetividad del control humano sobre el artificial. Por todo ello: Las preguntas al Poder.

Palabras clave: sociedades en transición, educación, exploración asistida, aprendizaje significativo, pensamiento crítico y situado.

DESARROLLO

Las preguntas que hacen falta

«La imaginación al Poder» fue un lema que recorrió el mundo occidental durante décadas del siglo XX y, en algunos ámbitos del desarrollo humano, continúa –hoy en día– siendo

Recibido: 01/08/2026
Aceptado: 01/09/2026
Publicado: 02/09/2026

Departamento de Estudios Internacionales y Lenguas Extranjeras. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. gabriela.scartascini@academicos.udg.mx

símbolo de resistencia frente a la presencia del Poder en términos políticos, económicos e ideológicos. Otra frase que nos globaliza es: «La información es un arma poderosa»; esto es, quien maneja los medios de comunicación digitales domina la lectura de la realidad y condiciona procesos sociales a nivel mundial, los cuales repercuten en el medioambiente, las guerras y la violencia de género, así como el racismo o los procesos de inclusión a la diversidad. Si en el siglo XVII, Francisco de Quevedo nos recitaba la composición poética «poderoso caballero es don Dinero», en el siglo XXI, la realidad mundial proclama «Poderosa dama es la información».

Y si la información viene condensada y resuelta con recursos tecnológicos que no requieran de una búsqueda personal, sino que ya ha sido enmarcada, delimitada y seleccionada para lo que se supone necesitamos saber, no hay preguntas pues ya están todas las respuestas.

Ahora bien, la curiosidad, en este caso, no mató al gato, sino que inicia un proceso de reconocimiento de otras posibles escrituras, saberes y lecturas. Y todavía no hemos mencionado a la inteligencia artificial (IAG). Ahora sí.

Y si nos centramos en la educación, encontrar los espacios y las preguntas para retomar nuestra propia lectura de aquello que queremos investigar, nos lleva a darnos cuenta de que, en estos tiempos, una frase clave es «Las preguntas al Poder».

En el ámbito educativo, la curiosidad genera preguntas que necesitamos resolver, al menos por ahora. Algunas de ellas, al menos las que surgen en este artículo, son:

¿Es suficiente para el aprendizaje significativo crear correctamente un *prompt*?; en cuan-



Figura 1. Imagen generada con la IA ChatGPT.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

to a redacción de un texto académico: ¿Cómo podemos trabajar el pensamiento situado y el crítico en la investigación académica en tiempos de la aplicación cotidiana de la IAG por parte de los estudiantes?; ¿Los docentes requerimos nivel de conocimiento sobre la IAG para su aplicación en clase? Si es así, este conocimiento, ¿qué nos permite entender? y, en consecuencia, ¿cuál es el rol docente?; ¿cómo podemos conjugar la inteligencia artificial (IAG) en la docencia?; ¿cuál es la función de la creatividad humana en el espacio de uso de la IA?

A partir de los propios interrogantes, el diálogo y reflexión colaborativa con otros seres humanos que, tal vez, tengan las mismas preguntas, crearán espacios para lograr saberes compartidos.

AÑO 2026 DESPUÉS DE CRISTO

En 2026, la Universidad de Guadalajara publicó el libro *Juventudes y tecnologías: Estudios* emergentes *sobre educación, cultura digital e inteligencia artificial*. El primer capítulo se titula «El poder las preguntas: experiencias innovadoras con inteligencia artificial en el aula». Como primera autora, junto con Nahuel González y Christian Milillo, figura la investigadora argentina Magister Graciela Paola Caldeiro, miembro fundador de la Red Académica de Educación e Inteligencia Artificial (RAEIA). Es Especialista en Educación y Nuevas Tecnologías por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), institución en la cual también es profesora en las sedes de Argentina y Uruguay.

De esta lectura, surgió la curiosidad por preguntar sobre el poder de la indagación y cuáles son las relacionadas con la educación universitaria en la transición histórica. En consecuencia, me di a la tarea de lograr un diálogo reflexivo con la investigadora. Escuchar la voz de una especialista actualizada y en contacto diario con los avances en el área y con permanente replanteos es un camino para entender de qué estamos hablando. He aquí la entrevista sobre el poder de las preguntas:

—Voy a grabar con tu consentimiento. ¿Está bien, Graciela?

—Por supuesto.

—Muchísimas gracias. Estuve revisando el libro publicado por la Universidad de Guadalajara y tu capítulo sobre las preguntas que hay que hacer en torno a la IA. Sé que el capítulo se centra en educación básica y yo a lo mejor te lo voy a llevar al nivel universitario, pero creo que permea porque todo lo que ustedes proponen es transversal a la educación en general. Primero, ¿cómo es tu relación con la inteligencia artificial generativa cuando aparece dentro de la tecnología como uso en los procesos de enseñanza-aprendizaje?

—Yo soy básicamente una *early user*, una usuaria primera de lo que venga en tecnología. Siempre cuando algo nuevo va a aparecer, seguro lo voy a estar probando. No voy a esperar a que otros me cuenten cómo hacerlo No es solo con la IA; es con cualquier elemento tecnológico. Es como que es mi perfil de usuaria. Me gusta probarlo antes que antes de que me lo cuente alguien; ni bien detecto que existe. Por lo tanto, esto hace que empecé a usar la IA ya de manera muy temprana. Sí. O sea, cuando recién empezaba, tipo 2020-2022, ya había hecho alguna experiencia con versiones un poco más rústicas, de lo que eran sobre todo los LLM (*Large Language Model* o modelo de

lenguaje grande), la fui incorporando cada vez más a diferentes actividades y hoy al punto de que no me puedo imaginar trabajando sin tenerla, ¿no? No solamente para trabajo, sino también para para usos personales que finalmente te atraviesan y terminan haciendo pensar en cosas que después son aplicables a educación.

—Hay una cuestión que me produce conflicto justamente y es la siguiente.

Nosotros decimos que la podemos utilizar de manera iterativa: le podemos preguntar y repreguntar y repreguntar al *prompt* y le volvemos a preguntar, pero, desde el punto de vista del aprendizaje significativo, ¿en qué nivel de profundidad está la iteración hacia el *prompt*, frente a un objeto de estudio, al tema, al contenido de lo que yo estoy estudiando?

—A mí en lo personal me estimula mucho más y me genera un aprendizaje significativo interactuar de esta manera porque, por ejemplo, cuando configuras para aprender algo, para investigar sobre algo y le pides relaciones sobre temas que para uno sean significativos o valiosos por alguna razón, es como que te toma ese guante y te lo sitúa a mucha velocidad. Entonces, en ese sentido es muy probable, por eso te decía, a mí me da mucha curiosidad. Entonces, en este sentido, creo que la posibilidad de devolverte un pensamiento situado sobre lo que vos le hayas indicado, tiene potencia para generar un aprendizaje significativo.

—Utilizaste el término relacionar, relacionar contenidos sería.

—Claro, claro. Por ejemplo, la función de aprendizaje de Gemini, si la puedes configurar y normalmente, dirías, bueno, es un como es un supuesto pedagógico muy tradicional, porque si le das instrucciones específicas para que relacione en un determinado tema, que incluso hasta se le puede poner marco teórico, se sube el material, te brinda el marco teórico, te establece relaciones y te lleva a preguntas de reflexión que se despegan mucho de lo sencillo.

—Requiere de conocimiento y operatividad por parte de los docentes.

—Es maleable. A esto voy. Quizás el configurarlo no sea tan sencillo. Hay que trabajar la capacidad para reflexionar sobre cuál es el proceso que que se está planteando, pero me parece que si uno lo sabe configurar bien e identifica cuáles son esos procesos, sí pueden generar aprendizajes significativos. Eso es. Y esto lo digo como un trabajo sobre uno mismo, ¿no? Como técnica de estudio. Diferente es cuando se utiliza para generar materiales didácticos, que bueno, ahí quizás ya entran otros procesos en juegos, ¿no? Cuando escribimos ese capítulo del libro que está basado en una primera investigación que hicimos, que hablamos del poder de las preguntas, lo decíamos más en el sentido de este tipo de actividades que se les proponían a los chicos, ¿no? Que era como era importante saber preguntar. Yo creo que quizás quedó chiquito ese título y yo creo que el poder ahora es poder identificar cuál es el proceso que está en juego a través de toda esa conversación. Es un poco más que preguntar: es entender cómo va ese diálogo, porque en realidad es como que va yendo por tu propia mente, ¿no? Es como que te va poniendo un espejo y vas viendo las posibilidades que se van presentando. Por ejemplo, se te ocurre que el tema A se puede relacionar con el tema B y se le dice a la IA, «¿Puede ser que esto que yo pensé se relacione con esto y esto?» y entonces te va a responder con alguna relación que quizás es

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

correcta, quizás no, y vas a tener que verlo, pero te va a encontrar esas relaciones.

Entonces, es como que todo el tiempo estás reflexionando sobre cómo pensamos, a dónde va, cuáles son los vínculos y a una velocidad tremenda, además, ¿no?

Porque algo que quizás estás diciendo, ¿cómo se puede relacionar esto con esto? y te da un *feedback*, una retroalimentación en el momento que ya te dispara a pensar a otra velocidad porque te genera nuevas preguntas o descartar hipótesis. Para mí es una dinámica que cambia mucho la manera en que uno tenía de abordar cualquier tema. Es otra velocidad, otra otra posibilidad de abarcar cosas. Eh, ahora no, si me hacías estas mismas preguntas. Hace un año te iba a decir cosas distintas, pero en este momento está pasando eso.

—Ustedes en el texto, en «El poder de las preguntas», hablan de exploración asistida. A eso se refieren con que con la inexcusable necesidad de que realmente haya un docente colaborando con los estudiantes.

—Lo que pasa que claro, yo te estoy hablando esto desde mi uso personal, donde uno ya está formado en otra en otra tradición, en otra cultura, donde las relaciones se pueden hacer previamente, con otro *background*. Ahora, si esto lo extrapolas a un jovencito, ahí entramos en otra discusión completamente, porque todo este *background* que uno tiene después de 40 años de haber estudiado de otra manera, de pronto aparece la pregunta sobre el impacto negativo. Porque yo te estoy hablando de un salto que siento que puedo dar ahora después de mucho camino recorrido, después de mucho cuadro sinóptico hecho a mano, después de mucho libro subrayado. Ahora, un chico que nunca hizo eso, si va a venir todo masticado y procesado por la IAG... Entonces, bueno, ahí es donde pensábamos que la intervención docente tiene como que asistir, que ver qué hacer, ver porque si no, o sea, cuando hicimos la investigación a la que refiere el artículo, todavía ni siquiera circulaba ese *paper* del MIT de la deuda cognitiva del año 2025 pero solo ya nos daba como que algo debe tener porque no evidentemente es una ejercitación que si te la salteabas parte del proceso algún efecto debería tener y de hecho, bueno, después lo midieron y empezaron a encontrar estas cosas. Fíjate que cuando hicimos esa investigación era como un poco más rústica, ¿no? Así que sí: un poco tiene que ver con eso, con que el rol del docente es como que de alguna manera tiene que encontrar la estrategia para que eso no suceda, porque si no no vas a tener ni siquiera



Figura 2. Imagen generada con la IA ChatGPT.

te digo aprendizaje significativo, aprendizaje de ningún tipo, porque como que tienes el resultado sin haber pasado nunca por el proceso.

—¿Y cómo ves, a nivel terciario o universitario, la relación de la utilización de la IAG con la compleja situación del mercado laboral?

—La realidad es que espontáneamente todas suelen conocer que es la IA.

Pero la usan de la misma manera que usan el buscador, con lo cual ahora es casi lo mismo, porque si buscas en Google, lo que primero te tira es una síntesis con la cual se puede seguir interactuando, que generalmente toma los datos de Wikipedia. Antes te tiraba Wikipedia y ahora te tira una mejora de Wikipedia enriquecida, digamos, es lo que en general por defecto te tira como primer resultado.

Ahí se ve que es un uso limitado porque de pronto lo usan como buscador, pero después no saben cómo avanzar después de eso para tener algo mejor, ¿no? Como alguien con el que tengan que discutir. Mismo si piden imágenes o por ejemplo me ha tocado también un caso en que me tenían que diseñar una secuencia didáctica.

Y había que presentarla oralmente porque, bueno, eso es algo que, por ejemplo, estamos incorporando, volver a la oralidad porque es lo único te asegura por lo menos que sabe de que están hablando en tiempo real. Sí, sí, volvemos, yo digo, a la universidad medieval porque, si no, no hay manera. En un oral es como que hay evidencias más fáciles de detectar y de repente te traen una presentación que bueno, obviamente ya te das cuenta de que está hecha con IAG porque te das cuenta y cuando se empieza preguntar te das cuenta que no entienden ni siquiera lo que les dijo la IAG que quizás está bien, pero no lo entienden. Entonces, bueno, obviamente ahí viene un sermón de cómo usar la IAG y pero también a veces pasa con la gente joven, como te ven ya entrado en años y que asumen que no sé, que uno está desinformado y queda en evidencia que por más que conozcan la herramienta y sepan hacer el *prompt*, no se terminan de dar cuenta de que si no piensan realmente lo que dice ahí, puede haber algo que no cierre o que esté situado del todo o que no responde a la consigna. Entonces, ahí me parece que sí hay una punta de que es importante trabajar en formación docente, ¿no? Como puedes aprovechar la herramienta, pero tener en claro que no puedes pasarte por alto, que hay que pensar si ese resultado realmente es lo que necesitabas, si requiere un ajuste, cómo continúas dialogando y entender que es eso, que no es que le vas a pedir algo y te va a tirar un resultado perfecto. Es imposible que eso pase porque es un proceso en el que te vas dando cuenta cómo mejorarlo a medida que ves resultados.

Entonces, la interacción es algo propio del proceso. Si se pide una secuencia didáctica con determinadas características, cuando ves esa secuencia, te das cuenta de que algo te cierra o no te cierra y en función de eso vas haciendo ajustes como si trabajaras con otra persona. En mi caso, quizás por mi estilo de cómo pienso la docencia, es como que bueno, los dejo hacer y después les muestro sobre sus propios resultados para que puedan pensar en algo bien situado, no en un ejemplo que les doy yo, sino en algo que les pasó a ellos mismos.

—O que les podrá pasar ya cuando estén extramuros, trabajando en una institución educativa.

—Eso y muchas veces es como que, a la segunda entrega te das cuenta de que enten-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

dieron cómo usarlo de mejor manera. Pero bueno, espontáneamente el uso que tienden a hacer es usarlo como un buscador como un buscador avanzado, digamos, y no y no pulen demasiado los resultados.

—Ahora con la IAG, tenemos que empezar a ver cómo desde el punto de vista docente en investigación, por ejemplo, hacer un ensayo o tesis, ya sea para licenciatura o para posgrado.

—Parece que esto va a impactar mucho en el sistema científico porque claramente cada vez menos te vas a leer un *paper* que en realidad quizás se puede resumir. Luego vas buscando relaciones y después si te interesa vas y profundizas y si no lo pasas por arriba porque porque la realidad es que también hay una cuestión de que cada vez hay más cosas publicadas, más cantidad, uno no puede abarcar todo y es muy difícil elegir qué leer y qué no leer y ahí es donde uno se pregunta, ¿qué rol va a jugar la IAG? ¿va a ser la que va a terminar seleccionando qué es lo que se lee y qué no? No sé, pero a ver, como te digo, no tengo las respuestas para nada de esto, pero que esté impactando en la manera en que trabajamos es tremenda. Ni hablar con las traducciones hoy día. Ya no importa en qué idioma esté escrito algo porque sabes que la IA es buena traduciendo. Y es fundamental que entonces los docentes eh entendamos el poder que tiene la IAG en la base de la enseñanza-aprendizaje para inclusive poder guiar a los alumnos o poder ayudarlos o poder colaborar con que la utilicen realmente como algo benéfico para el conocimiento, para la preparación laboral, para pensar.

Yo creo que va a ser, esto es una hipótesis, pero yo creo que dentro de 10 años va a ser muy difícil poder discernir si un *paper* es real o es una falsificación de algo. Como que me parece que va a ser como muy difícil de saberlo y no sé cómo eso va a impactar en el sistema de conocimiento.

No sé cómo va a impactar saber si el *paper* responde a una evidencia empírica que realmente se hizo o está simulada.

—Y el conocimiento, los saberes...

—Antes era una cuestión más académica de fechas y saberlo de memoria y tenía un valor que después se perdió. Entonces sí, definitivamente el conocimiento, no sé si el conocimiento o lo que va cambiando son las necesidades, no sé si del mercado. El otro día lo hablaba con unas alumnas que tenían que hacer una actividad y les enseñaba cómo usar la IA para generar casos y yo decía: «Generar casos, la escritura creativa siempre había sido mi superpoder». Yo cobraba por realizar esos trabajos y ahora eso te lo puede hacer la IA ya mucho más rápido y hasta mejor de lo que lo hacía yo. Entonces, perturba porque esto antes era un plus que yo tenía y ahora la IA lo hace y listo. Corregir en mi caso, corregir tesis, por ejemplo, en mi caso corregir tesis, el estilo, ya lo hace la IA. Ya está. En muchas de esas habilidades creativas es donde más nos duele, ¿no? Porque uno dice, «Ah, esto antes yo lo hacía y ahora lo hace la IA y bueno, qué sé yo, no sé, nos tendremos que reinventar otra vez».

—Te entiendo. Habrá que seguir siendo creativos.

—Para eso tenemos la inteligencia humana.

CONCLUSIÓN

«Todo tiempo pasado fue mejor». Es una frase conocida y repetida, pero no, por ello, necesariamente cierta. Este es nuestro tiempo tec-

nológico aplicado a la educación, al mercado laboral y a las diversas áreas del desarrollo humano en las que la IAG se ha instalado como medio de información.

La complejidad de nuevas tecnologías y la concreción de nuevos saberes requieren de procesos creativos en los cuales nos mantengamos como sujetos de la acción. Y, si continuamos preguntando aquello que nos mantenga activos, reflexivos y con el Poder de decidir qué leer y cómo entender, tal vez la IAG sea copiloto de rumbo, pero nosotros seguiremos siendo los creadores al volante o al teclado.

GLOSARIO

Aprendizaje significativo: es la relación entre lo que sabemos y la nueva información a través de comprender y analizar para generar conocimiento.

Aprendizaje situado: nos permite ubicar el problema en un contexto real para encontrar solución.

Pensamiento crítico: es la capacidad de analizar y evaluar la información para llevar a una conclusión precisa.

Paper: documento que se presenta en congresos o se publica en revistas con rigor académico.

Deuda cognitiva: es una posible consecuencia asociada a pérdida de recursos de razonamiento o redacción, por el uso de recursos tecnológicos como la inteligencia artificial.

LITERATURA RELEVANTE

Caldeiro, G. P., Gonzalez, N. y Mililio, C. (2026). El poder de las preguntas: experiencias innovadoras con inteligencia artificial en el aula. En M. Luna Rizo, F. Tarasow y J. Lozoya Arandia (Coords.), *Juventudes y tecnologías: Estudios emergentes sobre educación, cultura digital e inteligencia artificial* (pp. 15-35). Universidad de Guadalajara. https://doi.org/10.61728/AE20256654

Kosmyna, N., Hauptmann, R., Tong Yuan, Y., Situ, J., Liao, X.-H., Beresnitzky, A. V., Braunstein, I. y Maes, P. (2025). *Tu cerebro bajo los efectos de chatgpt: acumulación de deuda cognitiva al usar un asistente de IA para la redacción de ensayos*. Preimpresión de arXiv: arXiv:2506.08872 https://arxiv.org/pdf/2506.08872 Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task.

Manos de carrizo: sabor, cultura y una identidad recuperada

Diana Pérez-de Jesús[1], Juan Lorenzo Reta-Mendiola[1], Alberto Asiain-Hoyos[1], Pablo Díaz-Rivera[1], Manuel A. Vargas-Ceballos[2], Luis Héctor Hernández- Hernández y Fernando Vega-Villasante[2]

RESUMEN. El camarón manos de carrizo es un langostino nativo de los sistemas fluviales de la vertiente atlántica mexicana, con especial importancia ecológica, alimentaria, económica y cultural en Veracruz. Durante décadas, estas poblaciones fueron identificadas como *Macrobrachium acanthurus*; sin embargo, evidencia molecular y morfológica publicada en 2026 demostró que corresponden a *Macrobrachium mexicanum*, una especie descrita en el siglo XIX cuyo nombre ha sido restituido. Este crustáceo omnívoro participa en el reciclaje de nutrientes y forma parte de las redes tróficas de ríos y estuarios. Su ciclo de vida anfídromo conecta ambos ambientes: los adultos viven y se reproducen en agua dulce, las larvas se desarrollan en zonas estuarinas y las postlarvas regresan río arriba. Además de sostener una pesquería artesanal y ocupar un lugar en la gastronomía regional, la especie presenta interés para la acuicultura comercial. No obstante, la contaminación, la pérdida de hábitat, la interrupción de los cauces y la pesca no regulada amenazan sus poblaciones. Su conservación requiere integrar investigación científica, manejo pesquero y conocimiento ecológico local.

Palabras clave: conservación de ríos, conocimiento ecológico local, langostinos nativos, pesca artesanal, sistemas estuarinos, taxonomía molecular.

■ ■ ■

Los ríos, arroyos, lagunas costeras y estuarios de Veracruz albergan una extraordinaria

[1] Programa de Posgrado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.

[2] Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Departamento de Ciencias Biológicas. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara.

[3] Facultad de Estudios Superiores de Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.

Recibido: 10/07/2026
Aceptado: 02/09/2026
Publicado: 08/09/2026

diversidad de organismos que sostienen el funcionamiento de los ecosistemas y forman parte de la vida cotidiana de las comunidades ribereñas. Entre ellos se encuentra el langostino conocido localmente como manos de carrizo, camarón negro, camarón prieto o camarón de río. Aunque suele recibir menos atención que los camarones marinos, constituye un recurso de considerable importancia ecológica, alimentaria, económica y cultural. Durante décadas, las poblaciones mexicanas fueron identificadas como *Macrobrachium acanthurus*; sin embargo, evidencia taxonómica publicada recientemente indica que los ejemplares de la vertiente atlántica de México corresponden a *Macrobrachium mexicanum*, una especie descrita en el siglo XIX y cuyo nombre acaba de ser restituido.

Durante mucho tiempo se consideró que el camarón manos de carrizo, identificado como *Macrobrachium acanthurus*, se distribuía ampliamente por la vertiente atlántica del continente americano, desde el sureste de Estados Unidos hasta Brasil. Bajo ese nombre se incluyeron registros de México, Centroamérica, el Caribe y Sudamérica. Sin embargo, investigaciones recientes demostraron que esa supuesta distribución comprendía, al menos, dos especies diferentes. Las poblaciones estudiadas de Costa Rica, Panamá y Brasil permanecen asignadas a *M. acanthurus*, mientras que los ejemplares analizados de la vertiente atlántica mexicana corresponden a *Macrobrachium mexicanum*, especie descrita originalmente en el siglo XIX y restituida taxonómicamente en 2026.



Figura 1. Imagen generada con la IA ChatGPT.

En México, *Macrobrachium mexicanum* ha sido reconocida en cuencas de Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche. Veracruz ocupa un lugar especialmente relevante: los ejemplares originales utilizados para describir la especie procedían de este estado, y su presencia ha sido documentada en distintos sistemas fluviales de la vertiente atlántica mexicana. No obstante, los registros históricos de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Jamapa, La Antigua, Actopan, Tecolutla, Nautla y Tuxpan, publicados originalmente bajo el nombre *M. acanthurus*, deberán revisarse a la luz de la nueva delimitación taxonómica. Su presencia y abundancia están relacionadas con la calidad del agua, la conservación de la vegetación ribereña y la conectividad entre los ríos, las lagunas costeras y los estuarios.

El camarón manos de carrizo es un crustáceo decápodo de cuerpo segmentado, protegido por un exoesqueleto calcificado que debe renovar periódicamente para crecer. Posee cinco pares de pereiópodos o apéndices torácicos; los dos primeros terminan en pinzas y, particularmente en los machos adultos, el segundo par puede alcanzar una longitud considerable. Estas estructuras intervienen en la obtención y manipulación del alimen-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

to, la defensa del territorio, las interacciones entre individuos y el cortejo reproductivo. Su coloración suele presentar tonalidades translúcidas, pardas u oliváceas que favorecen su camuflaje entre piedras, raíces, hojas y otros materiales del fondo.

Habita ríos y arroyos con corriente, así como lagunas costeras, humedales y estuarios conectados con los sistemas fluviales. Es un organismo omnívoro y oportunista que puede consumir pequeños invertebrados, insectos acuáticos, algas, restos vegetales, detritos y materia orgánica en descomposición. Esta diversidad alimentaria le permite aprovechar distintos recursos y participar en el reciclaje de nutrientes de los ecosistemas acuáticos. Al mismo tiempo, sirve de alimento a peces, aves acuáticas, reptiles y otros vertebrados. Por ello, ocupa una posición relevante en las redes tróficas, es decir, en el conjunto de relaciones alimentarias que conectan a los organismos de un ecosistema.

Una de las características más interesantes del camarón manos de carrizo es su ciclo de vida anfídromo. La anfidromía es una estrategia en la que los organismos se desplazan entre el agua dulce y el mar o los estuarios durante distintas etapas de su desarrollo, sin que esta migración tenga como finalidad directa el desove. En el caso de *Macrobrachium mexicanum*, los adultos viven, crecen y se reproducen en los ríos. Después del apareamiento, las hembras transportan numerosos huevos adheridos a los apéndices situados bajo el abdomen y los protegen hasta la eclosión.

Una vez liberadas, las larvas son arrastradas por la corriente hacia las zonas estuarinas, donde la mezcla de agua dulce y marina (aguas salobres) proporciona la salinidad necesaria para completar su desarrollo. Después de atravesar varias etapas larvarias, se transforman en postlarvas y comienzan el recorrido en sentido contrario: remontan los cauces y regresan al agua dulce, donde crecen hasta alcanzar la madurez. Este ciclo conecta biológicamente los ríos con las lagunas costeras y los estuarios. Por ello, las presas, los diques, los cruces carreteros mal diseñados y otras obras que modifican el cauce o interrumpen el flujo del agua pueden dificultar el desplazamiento de larvas y juveniles, reducir el éxito reproductivo y disminuir la abundancia de las poblaciones.

Desde hace generaciones, el camarón manos de carrizo forma parte de la alimentación y de la vida cotidiana de diversas comunidades asentadas en las cuencas del Golfo de México. En Veracruz, su pesca artesanal constituye una actividad tradicional y una fuente complementaria de alimento e ingresos para numerosas familias ribereñas. Parte de las capturas se destina al consumo y la comercialización, mientras que algunos ejemplares se utilizan como cebo para la captura de peces. Para obtenerlos se emplean trampas de carrizo o malla, nasas, redes de mano y otras artes adaptadas a la profundidad, la corriente y las características de cada río. Estas prácticas forman parte del co-



Figura 2. Imagen generada con la IA ChatGPT.

nocimiento ecológico local acumulado por los pescadores acerca del comportamiento de los langostinos, sus desplazamientos, las temporadas de mayor abundancia y los cambios provocados por las lluvias.

El manos de carrizo también ocupa un lugar en la gastronomía regional. Puede prepararse en caldos, guisos, tamales, empanadas y otros platillos tradicionales de Veracruz. Su tamaño, sabor y disponibilidad estacional favorecen su apreciación entre los consumidores y pueden conferirle un valor elevado en los mercados locales. Su comercialización a pequeña escala contribuye a la economía de las familias vinculadas con la pesca artesanal, por lo que la conservación de sus poblaciones posee también una dimensión social, alimentaria y cultural.

El camarón manos de carrizo posee características que han despertado interés por su posible cultivo, entre ellas su aceptación entre los consumidores, fecundidad y capacidad de adaptarse a distintas condiciones ambientales. Sin embargo, su tecnología de producción aún se encuentra en una etapa experimental y el cultivo de las larvas continúa siendo uno de los principales obstáculos. Además, la reciente



Figura 3. Imagen generada con la IA ChatGPT.

restitución de *Macrobrachium mexicanum* obliga a revisar la identidad de los organismos utilizados en investigaciones acuícolas anteriores realizadas en México bajo el nombre *M. acanthurus*. Confirmar correctamente la especie es indispensable para interpretar esos resultados y desarrollar protocolos de cultivo apropiados.

En Veracruz, la captura suele aumentar durante la temporada de lluvias, cuando la crecida de los ríos favorece el desplazamiento de los langostinos. Este periodo puede coincidir con una mayor presencia de hembras ovígeras y con el movimiento de larvas y juveniles, etapas particularmente sensibles del ciclo de vida. Por ello, las vedas, las tallas mínimas de captura y los acuerdos comunitarios que limitan temporalmente la pesca pueden contribuir a proteger la reproducción y permitir el reclutamiento, es decir, la incorporación de nuevos individuos a la población. Estas medidas son especialmente importantes frente a otras amenazas, como la contaminación de origen urbano, agrícola e industrial, la extracción excesiva de agua, la pérdida de vegetación ribereña, manglares y humedales, así como la construcción de presas y otras obras que interrumpen la conexión entre los ríos y los estuarios.

La conservación del manos de carrizo requiere de la colaboración de investigadores, autoridades, pescadores y comunidades ribereñas. Mantener la calidad y la conectividad de los ríos, restaurar los ambientes estuarinos, respetar las restricciones de captura y promover prácticas pesqueras sostenibles contribuirá a la conservación de sus poblaciones. El manos de carrizo es mucho más que un recurso pesquero: forma parte del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, de la gastronomía regional, del conocimiento tradicional y de la

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

economía local. Protegerlo significa también preservar una parte de la riqueza biológica y cultural de Veracruz para las generaciones futuras.

LITERATURA RELEVANTE

CONAPESCA. (2025). *Carta Nacional Pesquera*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. https://www.gob.mx/conapesca

FAO. (2025). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 (SOFIA)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://doi.org/10.4060/cd0683en

Hernández Hernández, L. H., Powell, M. S., Frías Gómez, S. A., Cortes Jacinto, E., y Vega Villasante, F. (2024). *Scientific knowledge of the Cinnamon River prawn Macrobrachium acanthurus and future perspectives for aquaculture*. *Aquaculture International, 32*, 10215-10230. https://doi.org/10.1007/s10499-024-01658-2

Meza-Sánchez, I. G., Maeda-Martínez, A. M., Obregón-Barboza, H., Álvarez, F., Villalobos-Hiriart, J. L., Rodríguez-Almaraz, G. A., Campos-Ramos, R., Rolón-May, A. E., y Murugan, G. (2026). Taxonomic resurrection of the amphidromous shrimp *Macrobrachium mexicanum* (De Saussure, 1857) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) from the Mexican Atlantic slope. *Journal of Crustacean Biology*, *46*(2), ruag016. https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruag016

Morais, A. F., Alves, D. F. R., Barros-Alves, S. P., y Almeida, A. C. (2025). Environmental factors driving *Macrobrachium* species richness on a global scale. *Marine and Freshwater Research, 76*, MF25123. https://doi.org/10.1071/MF25123

Pseudocercospora griseola: el hongo que amenaza al frijol y a la seguridad alimentaria

Catherine Mayo Ruiz[1], Alam Yair Hidalgo[1,2], Erika Madeleyne Ramos-Rivera[1], Lucero Vázquez Cruz[3], Abril Sánchez-Ordóñez[3] y Miguel Ángel Vilchis-Reyes[1]

RESUMEN. *Pseudocercospora griseola* es el hongo responsable de la mancha angular del frijol, una de las enfermedades más importantes y destructivas que afectan a este cultivo a nivel mundial. El frijol constituye un alimento básico para millones de personas, especialmente en América Latina y África, por lo que la presencia de este patógeno representa un problema no solo agrícola, sino también social y económico. En este artículo de divulgación se presenta una visión integral de *P. griseola*, que aborda su biología, ciclo de vida y forma de infección, así como su notable diversidad genética, caracterizada por la existencia de poblaciones andinas y mesoamericanas estrechamente relacionadas con los centros de domesticación del frijol. Asimismo, se analizan los principales daños ocasionados por la enfermedad, las condiciones ambientales que favorecen su desarrollo y las consecuencias que tiene en el rendimiento del cultivo y en la seguridad alimentaria. También se describen las estrategias actuales de control y prevención, destacando la importancia del manejo integrado de la enfermedad mediante el uso de variedades resistentes, prácticas agronómicas adecuadas, control químico racional y enfoques biológicos emergentes. También se discute el impacto social y económico de la mancha angular, subrayando la necesidad de fortalecer la investigación, la divulgación científica y la transferencia de conocimiento a los productores.

Palabras clave: *pseudocercospora griseola*, hongo, mancha angular.

[1] División Académica de Ciencias Básicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
[2] Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco.
3 División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Recibido: 06/03/2026
Aceptado: 01/09/2026
Publicado: 08/09/2026

INTRODUCCIÓN

El frijol es un alimento esencial para millones de personas en América Latina y África. Su aporte de proteínas, fibra y minerales, y su bajo costo lo convierten en un cultivo estratégico tanto para la seguridad alimentaria como para la economía de los pequeños productores. Sin embargo, uno de los mayores enemigos del frijol es un hongo silencioso pero devastador: *Pseudocercospora griseola*, el agente causal del tizón angular, una de las enfermedades foliares más destructivas para este cultivo.

¿QUÉ ES *PSEUDOCERCOSPORA GRISEOLA*?

P.seudocercospora griseola es un hongo fitopatógeno de la familia Mycosphaerellaceae conocido por infectar principalmente plantas de leguminosas. Este microorganismo se desarrolla en condiciones de alta humedad y de temperaturas moderadas, lo que explica su alta incidencia en regiones tropicales y subtropicales.

Se reconoce fácilmente por las lesiones características que provoca: manchas angulares en las hojas que siguen la forma de las nervaduras. Con el tiempo, estas lesiones se tornan cafés, se secan y provocan la caída prematura del follaje.

CICLO DE VIDA Y FORMA DE INFECCIÓN

El ciclo biológico de *P. griseola* es altamente eficiente. El hongo se reproduce mediante conidios, estructuras semejantes a «esporas» que

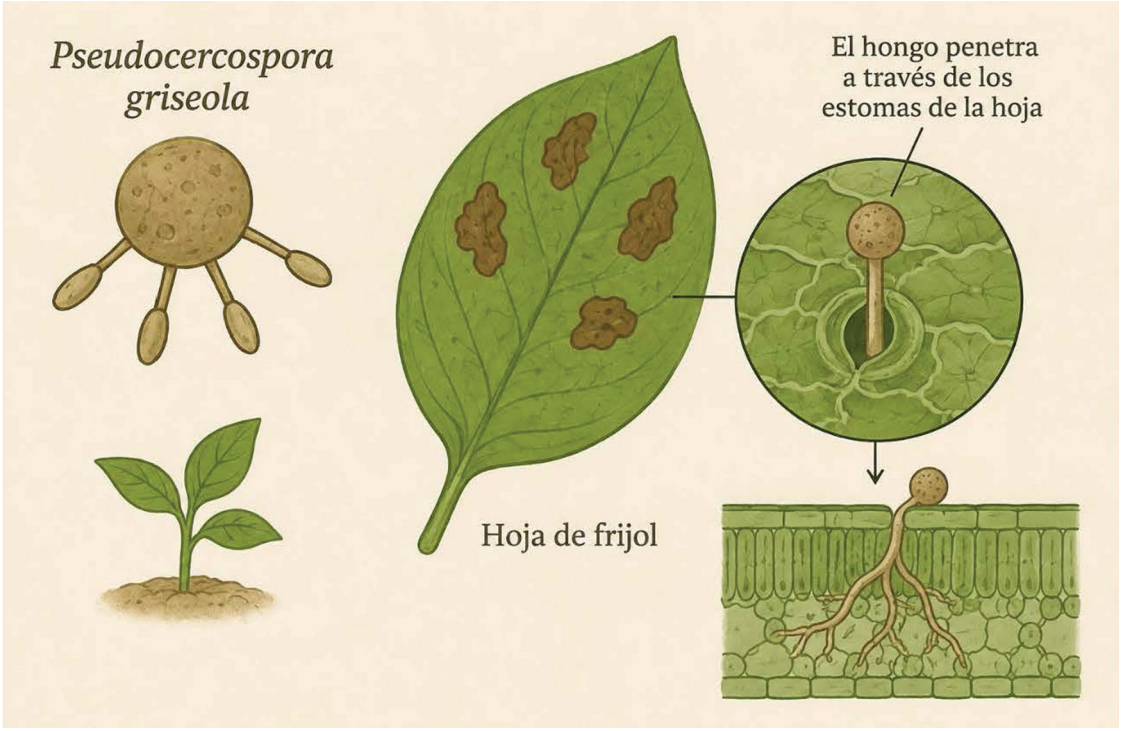


Figura 1. Hongo fitopatógeno: *Pseudocercospora griseola*. Imagen generada con apoyo de la IA ChatGPT.

se dispersan fácilmente por el viento, la lluvia o las herramientas de cultivo.

Los pasos de infección suelen seguir este patrón:

1. Deposición de esporas en la hoja durante periodos de humedad.
2. Germinación y penetración a través de los estomas.
3. Colonización interna del tejido vegetal.
4. Desarrollo de lesiones angulares que liberan nuevos conidios.
5. Dispersión hacia plantas vecinas.

DAÑOS Y CONSECUENCIAS EN EL CULTIVO

El tizón angular reduce drásticamente la superficie fotosintética de la planta. Como consecuencia:

- Disminuye la calidad y cantidad de vainas,
- Retrasa el desarrollo,
- Afecta las semillas,
- En infecciones severas, puede provocar pérdidas del 80 al 100% del rendimiento.

Este hongo afecta especialmente a plantaciones continuas o en los que se reutiliza semilla infectada, una práctica común entre pequeños agricultores.

DIVERSIDAD GENÉTICA: ¿UNA ENFERMEDAD, DOS POBLACIONES?

Aunque *P. griseola* se conoce como el agente causal de la enfermedad de la mancha angular del frijol, en realidad es un patógeno con una notable diversidad genética. Estudios moleculares y epidemiológicos han demostrado que este

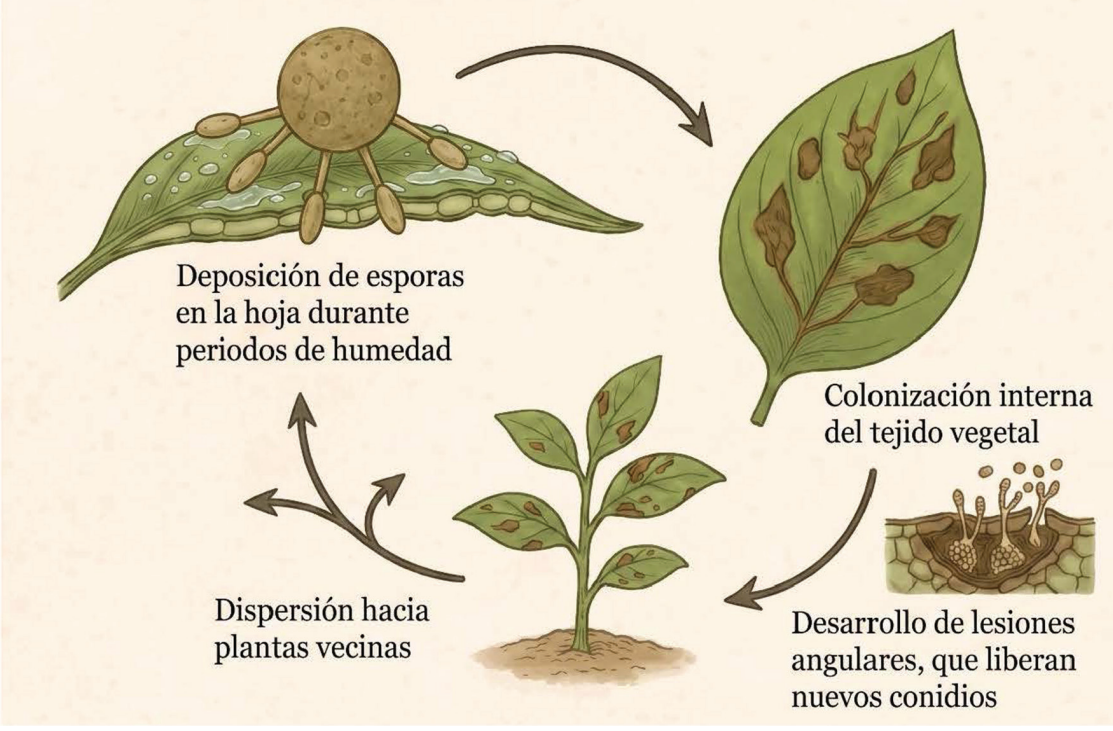


Figura 2. Proceso de infección del hongo sobre la planta. Imagen generada con apoyo de la IA Gemini.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

hongo no constituye una población homogénea, sino que se divide principalmente en dos grandes grupos genéticos o poblaciones: la población andina y la población mesoamericana.

Esta diferenciación está estrechamente relacionada con la historia evolutiva del frijol común (*Phaseolus vulgaris*), que también presenta dos centros de domesticación: los Andes y Mesoamérica. A lo largo del tiempo, el hongo y su hospedero han coevolucionado, lo que ha dado lugar a cepas de *P. griseola* adaptadas a variedades específicas de frijol. Como resultado, las poblaciones del patógeno presentan diferencias en su virulencia, agresividad y especificidad frente a ciertos genotipos de frijol.

Desde el punto de vista genético, estas poblaciones se distinguen mediante marcadores moleculares, como secuencias de ADN ribosomal, microsatélites y otros loci genéticos. Estas herramientas han permitido identificar una alta variabilidad dentro de cada población, así como una limitada recombinación genética entre ellas, lo que sugiere una evolución relativamente independiente.

Esta diversidad genética tiene implicaciones importantes para la agricultura. Por ejemplo, una variedad de frijol resistente a cepas mesoamericanas puede ser susceptible a cepas andinas, lo que dificulta el desarrollo de cultivos resistentes a ambas cepas. Además, la presencia de múltiples razas fisiológicas del hongo favorece la aparición de nuevas variantes capaces de superar las barreras de resistencia genética.

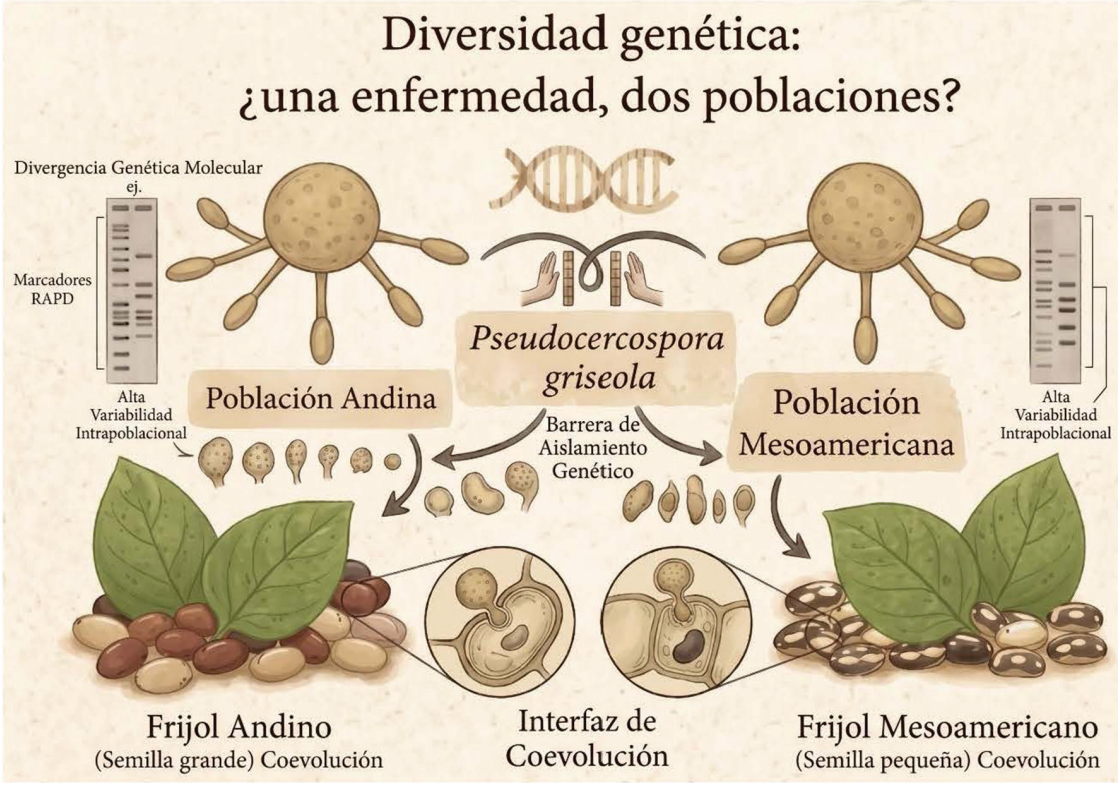


Figura 3. Diversidad genética de *Pseudocercospora griseola*. Imagen generada con apoyo de la IA Gemini.

Por lo tanto, *P. griseola* no es simplemente un patógeno único, sino un complejo de poblaciones con características biológicas y evolutivas distintas. Comprender esta diversidad es clave para diseñar estrategias de manejo más efectivas y sostenibles, así como para mejorar los programas de mejoramiento genético del frijol.

MÉTODOS DE CONTROL Y PREVENCIÓN

El control de *P. griseola* representa un desafío complejo debido a su alta variabilidad genética, su capacidad de adaptación y las condiciones ambientales que favorecen su desarrollo. Por ello, las estrategias más efectivas no se basan en una sola medida, sino en un enfoque integral que combina métodos genéticos, agronómicos, químicos y biotecnológicos.

1. Resistencia genética: la primera línea de defensa

El uso de variedades de frijol resistentes se considera el método más sostenible y económicamente viable para controlar la mancha angular. Los programas de mejoramiento genético han identificado genes de resistencia que permiten a la planta reconocer y limitar la infección por el hongo.

Sin embargo, la eficacia de esta estrategia se ve limitada por la diversidad genética de *P. griseola*. Debido a la existencia de múltiples razas fisiológicas, una variedad resistente en una región puede resultar susceptible en otra. Esto obliga a desarrollar variedades con resistencia duradera, basada en la combinación de varios genes (resistencia poligénica).

2. Manejo agronómico: prevención desde el campo

Las prácticas agrícolas juegan un papel crucial en la reducción de la incidencia de la enfermedad. Entre las más importantes se encuentran:

- Rotación de cultivos con especies no hospedantes, lo que reduce la presencia del patógeno en el suelo. Se estima que su permanencia en el suelo puede ser de 6 meses a un año.
- Eliminación de residuos vegetales infectados, que actúan como reservorios de inóculo.
- Uso de semilla certificada, libre de patógenos.
- Adecuado espaciado entre plantas, que disminuye la humedad foliar.
- Manejo del riego para evitar el exceso de humedad en el follaje.

Estas medidas no eliminan por completo el hongo, pero reducen significativamente su propagación.

3. Control químico: una herramienta complementaria

El uso de fungicidas constituye una estrategia eficaz en situaciones de alta presión de la enfermedad. Las sustancias pertenecientes a los grupos de triazoles, estrobilurinas y carboxamidas han mostrado buenos resultados en la reducción de la severidad del tizón angular.

No obstante, el uso indiscriminado de fungicidas puede generar problemas como:

- Aparición de cepas resistentes del hongo,
- Impacto ambiental,
- Incremento de costos de producción.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Por ello, su aplicación debe ser racional y basada en el monitoreo fitosanitario.

4. Control biológico y enfoques emergentes

En años recientes, el control biológico ha cobrado relevancia como alternativa sostenible. Microorganismos antagonistas, como especies de los géneros *Trichoderma* y *Bacillus*, han demostrado su capacidad para inhibir el crecimiento de *P. griseola*.

Además, se exploran estrategias innovadoras, como:

- Inducción de resistencia sistémica en la planta,
- Uso de extractos vegetales con actividad antifúngica,
- Herramientas de biología molecular para identificar genes de resistencia,
- Edición genética y selección asistida por marcadores.

5. Manejo integrado de la enfermedad

La estrategia más efectiva es el manejo integrado, que combina todas las medidas anteriores. Este enfoque permite reducir la dependencia de fungicidas, mejorar la productividad y disminuir el impacto ambiental.

Por lo que, el conocimiento científico y la transferencia de tecnología a los agricultores son fundamentales para enfrentar de manera sostenible la amenaza de *P. griseola*.

IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO

El impacto de *P. griseola* trasciende el ámbito agrícola y se extiende a los planos social, económico y alimentario. La mancha angular del frijol afecta principalmente a regiones donde

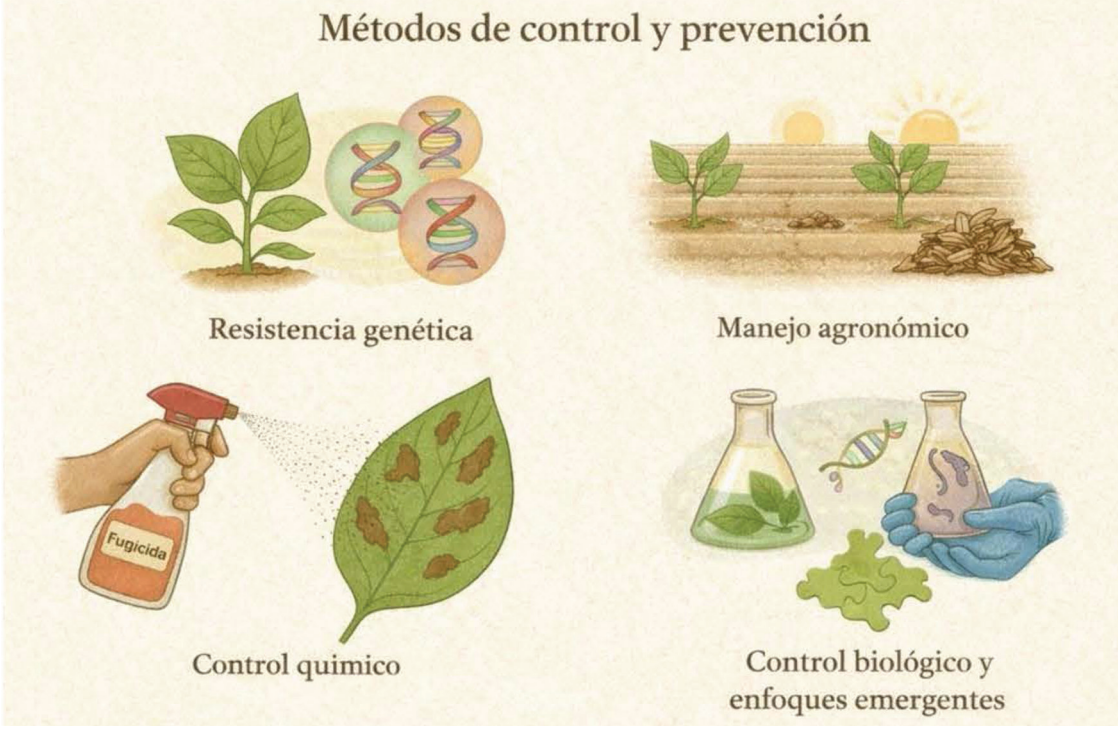


Figura 4. Métodos de control y prevención. Imagen generada con apoyo de la IA ChatGPT.

este cultivo no solo es una mercancía, sino también un alimento básico y un pilar cultural, especialmente en América Latina y África.

Desde el punto de vista económico, las pérdidas ocasionadas por este hongo pueden ser severas. En condiciones favorables para la enfermedad, los rendimientos del cultivo pueden reducirse entre un 40 % y un 100 %, lo que representa una disminución directa de los ingresos de los agricultores. Esta situación impacta con mayor fuerza a los pequeños productores, quienes dependen del frijol tanto para el autoconsumo como para la venta local y suelen tener acceso limitado a tecnologías de control, semillas mejoradas o fungicidas.

El efecto social es igualmente significativo. La reducción de la producción de frijol compromete la seguridad alimentaria, ya que este grano es una de las principales fuentes de proteína vegetal en las comunidades rurales. Cuando la producción disminuye, los precios tienden a aumentar, lo que afecta de manera desproporcionada a los sectores más vulnerables de la población. En algunos casos, las familias agricultoras se ven obligadas a sustituir el frijol por alimentos de menor valor nutricional. Además, la presencia recurrente de la enfermedad puede generar un ciclo de dependencia económica. Los agricultores que recurren constantemente al uso de fungicidas incrementan sus costos de producción, lo que reduce su margen de ganancia y aumenta el riesgo de endeudamiento. Esto también conlleva impactos ambientales y de salud asociados al uso excesivo de agroquímicos.

A nivel regional, *P. griseola* representa un reto para las políticas agrícolas y los programas de desarrollo rural. Su control efectivo requiere inversión en investigación, transferencia de tecnología y capacitación de productores. En este contexto, la educación agrícola y la divulgación científica juegan un papel clave para empoderar a los agricultores y fomentar prácticas de manejo sostenible. La mancha angular no es solo un problema fitosanitario, sino también un fenómeno con profundas repercusiones sociales y económicas. Abordar su impacto de manera integral es fundamental para proteger la producción de frijol, mejorar la calidad de vida de los agricultores y fortalecer la seguridad alimentaria en regiones donde este cultivo es esencial.

CONCLUSIÓN

Pseudocercospora griseola es un ejemplo contundente de cómo un organismo microscópico puede generar impactos profundos en la agricultura, la economía y la seguridad alimentaria. A través de su ciclo de vida eficiente, su elevada diversidad genética y su estrecha relación evolutiva con el frijol, este hongo ha logrado convertirse en uno de los principales desafíos fitosanitarios para uno de los cultivos más importantes del mundo. La comprensión integral de este patógeno, desde su biología y su mecanismo de infección hasta sus efectos sociales y económicos, es esencial para diseñar estrategias de manejo más eficaces y sostenibles. El control de la mancha angular no puede depender de una sola medida; requiere un enfoque integrado que combine resistencia genética, buenas prácticas agrícolas, control químico racional y alternativas biológicas emergentes.

Más allá del ámbito científico, la divulgación del conocimiento sobre *P. griseola* desempeña un papel fundamental. Informar a productores,

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

estudiantes y tomadores de decisiones permite fortalecer la prevención, reducir las pérdidas y fomentar una agricultura más resiliente. En un contexto de cambio climático, en el que las condiciones ambientales pueden favorecer la expansión de enfermedades, la investigación y la educación se convierten en herramientas clave para proteger cultivos estratégicos como el frijol. En definitiva, enfrentar el desafío que representa *P. griseola* no solo implica controlar una enfermedad, sino también defender la seguridad alimentaria, el bienestar de las comunidades rurales y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. El conocimiento científico, cuando se comparte y se aplica, se convierte en la mejor defensa frente a este tipo de amenazas invisibles pero decisivas.

AGRADECIMIENTOS

Catherine Mayo Ruiz agradece a la SECIHTI por su beca de maestría.

LITERATURA RELEVANTE

Aytenfsu, M., y Terefe, H. (2023). A review of Pseudocercospora griseola in common bean (Phaseolus vulgaris L.) in Africa. *CABI Reviews*, *2023*.

Ell, C., Ell, E. G., Speg, C., Henn, A., y Henn, C. (2009). La antracnosis y la mancha angular del frijol común (phaseolus vulgaris l.). *Temas de Ciencia y Tecnología*, *13*(39), 45-54.

De los Santos, A. Y. H., Ordoñez, A. S., Cruz, L. V., Mendez, H. B. M., Sauret, Q. T., Ceronio, N. R., y Reyes, M. Á. V. (2025). Mancha angular (Phaeoisariopsis griseola) en cultivo de frijol pelón (Vigna unguiculata): Experiencia de muestro en Cárdenas, Tabasco. *Agro-Divulgación*, *5*(3).

Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S., y Mayek-Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *36*(2), 95-104.

Morales, C. A. M., Moreno, L. V., Elizondo, A. I., Neyra, M., Velázquez, Y., Pupo, E., Reyes, S., Rodríguez, I., y Toledo, C. (2002). Manejo integrado de plagas de insectos en el cultivo del frijol. *Fitosanidad*, *6*(3).

Rodriguez, L. R., y Sandoval, L. A. (2023). Impacto económico de la investigación del frijol en la agricultura hondureña. *CEIBA*, *56*(1), 50-60.

Saparrat, M. C. N., Fermoselle, G. E., Stenglein, S. A., Aulicino, M. B., y Balatti, P. A. (2009). Pseudocercospora griseola causing angular leaf spot on Phaseolus vulgaris produces 1, 8-dihydroxynaphthalene-melanin. *Mycopathologia*, *168*(1), 41-47.

De residuos agrícolas a materiales para limpiar el agua: el potencial del cacao y la piña

Nelson de Jesús López-Acopa, Kristal de María Jesús-de la Cruz, Yovana Gutiérrez-Gutiérrez, Héctor Martínez-García, Hortensia Eliseo-Dantés y Zenaida Guerra-Que

RESUMEN. ¿Qué tienen en común una cáscara de cacao, una corona de piña y el tratamiento del agua? Aunque normalmente consideramos estos restos vegetales como residuos, su composición permite utilizarlos como materias primas para desarrollar materiales carbonosos con nuevas propiedades. En este artículo explicamos cómo la estructura de estas biomasas puede transformarse mediante diferentes procesos y por qué las características de la superficie obtenida son importantes para retener algunas sustancias presentes en el agua. También exploramos, de manera sencilla, cómo ocurren fenómenos como la adsorción y qué herramientas utilizan los investigadores para estudiar materiales que, a simple vista, pueden parecer muy similares. Sin embargo, obtener buenos resultados en el laboratorio es solo el comienzo. Las aguas naturales contienen numerosos componentes que pueden modificar el comportamiento de estos materiales. Además, aprovechar un residuo no garantiza por sí mismo que un proceso sea sostenible. La energía, los reactivos, la reutilización, los costos, la seguridad y el destino final deben considerarse antes de avanzar hacia aplicaciones a mayor escala.

Palabras clave: biomasa lignocelulósica, residuos agrícolas, materiales carbonosos, adsorción, tratamiento de agua, economía circular.

CUANDO UN RESIDUO DEJA DE SER BASURA

Cuando pensamos en cacao, es común imaginar una bebida caliente o una barra de chocolate. Si pensamos en una piña, probablemente recordamos su sabor, aroma y frescura. Sin embargo, pocas veces pensamos en lo que queda después de aprovechar estos frutos. Cáscaras, coronas y otras partes vegetales pueden convertirse rápidamente en residuos, aunque todavía contienen componentes con propiedades interesantes.

Recibido: 04/09/2026
Aceptado: 09/09/2026
Publicado: 14/09/2026

Laboratorio de Investigación 1 Área de Nanotecnología, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Villahermosa (TECNM - I. T. Villahermosa).

En el caso del cacao, la cáscara que protege la mazorca representa una gran proporción del fruto. Después de extraer las semillas utilizadas para elaborar sus productos derivados, queda una cantidad importante de biomasa que debe manejarse adecuadamente. Algo similar ocurre con la piña: su consumo y procesamiento generan cáscaras, coronas, hojas y otros restos vegetales.

Pero estos residuos no necesariamente son basura. La ciencia de materiales permite mirarlos desde otra perspectiva. En lugar de preguntarnos únicamente cómo desecharlos, podemos plantear una pregunta diferente: ¿qué contienen y qué podríamos hacer con ellos?

Muchos residuos vegetales contienen estructuras ricas en carbono que pueden aprovecharse como materias primas. Mediante distintos procesos de transformación es posible modificar sus características y obtener materiales con nuevas funciones.

Una posibilidad es utilizar residuos de cacao y piña como precursores de materiales carbonosos capaces de interactuar con sustancias presentes en el agua. Esto abre una alternativa interesante: aprovechar un residuo para contribuir a enfrentar otro problema ambiental.

Sin embargo, transformar biomasa en un material útil no significa automáticamente que el proceso sea sencillo, eficiente o sostenible. Primero necesitamos comprender qué contienen estos residuos y por qué su composición resulta interesante.

¿QUÉ ESCONDEN EL CACAO Y LA PIÑA?

A simple vista, una cáscara de cacao o una corona de piña pueden parecer restos vegetales



Figura 1. Del residuo al material funcional. Representación del proceso general de transformación de residuos de cacao y piña en materiales carbonosos con potencial para aplicaciones en tratamiento de agua. Imagen generada mediante inteligencia artificial.

sin mayor utilidad. Al observar su composición, descubrimos una estructura compleja formada por sustancias que las plantas utilizan para construir y dar resistencia a sus tejidos. Entre ellas destacan la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.

Estos componentes forman parte de lo que conocemos como biomasa lignocelulósica. Aunque el término parece complicado, describe algo muy común: buena parte de la materia vegetal presente en tallos, hojas, cáscaras y otros tejidos de las plantas.

Podemos imaginar esta estructura como el armazón de una casa. La celulosa forma fibras resistentes que contribuyen al soporte de la planta. La hemicelulosa acompaña y conecta parte de esas estructuras, mientras que la lignina aporta rigidez y protección. Juntas forman una red que ayuda a los tejidos vegetales a conservar su estructura.

La cáscara del cacao y las diferentes partes de la piña contienen estos componentes en distintas proporciones. Su composición puede variar con la variedad de la planta, las condiciones de cultivo y la parte del fruto utilizada. A pesar de estas diferencias, ambas biomasas contienen abundante materia orgánica rica en carbono.

¿Y por qué nos interesa el carbono?

El carbono puede organizarse de diferentes maneras y formar estructuras capaces de interactuar con otras sustancias. Por ello, una biomasa rica en carbono puede servir como punto de partida para obtener materiales con propiedades distintas a las del residuo original.

Pero tener carbono no es suficiente. Para desarrollar un material útil también importa cómo se transforma esa materia prima.

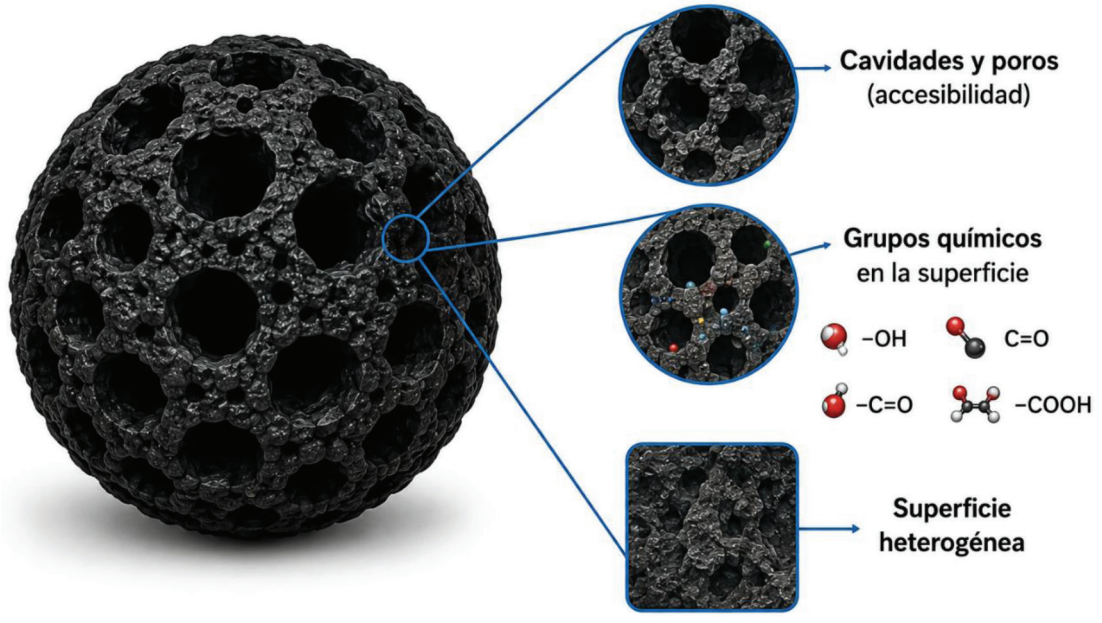


Figura 2. Un mundo escondido en la superficie. Representación de la estructura porosa, la accesibilidad de los sitios y los grupos químicos presentes en la superficie de un material carbonoso. Imagen generada mediante inteligencia artificial.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

DEL RESIDUO AL MATERIAL FUNCIONAL

Convertir una cáscara de cacao o una corona de piña en un material funcional requiere modificar algunas de sus características originales. No basta con recolectar el residuo, secarlo y esperar que pueda utilizarse directamente para limpiar el agua.

Existen diferentes caminos para lograr esta transformación. Algunos emplean calor para modificar profundamente la biomasa. Durante un proceso conocido como carbonización, parte de sus componentes se descompone y libera sustancias volátiles, mientras permanece una estructura cada vez más rica en carbono.

La transformación también puede incluir una activación, cuyo propósito es desarrollar o modificar características que favorezcan la interacción del material con otras sustancias. Dependiendo del procedimiento, pueden formarse nuevas cavidades, hacerse más accesibles algunas regiones o cambiar los grupos químicos presentes en la superficie.

La activación puede realizarse mediante procesos físicos o químicos. Los primeros pueden utilizar agentes como vapor de agua o dióxido de carbono bajo condiciones controladas. Los segundos emplean sustancias capaces de modificar la estructura y la química de la biomasa. Cada procedimiento produce cambios diferentes.

También existen otros tratamientos químicos aplicados a materiales derivados de biomasa. Por ello, resulta más adecuado pensar en una familia de materiales carbonosos que en un único tipo de material. Sus propiedades dependen tanto de la materia prima como del proceso utilizado para transformarla.

Esto es importante porque la cáscara de cacao y la corona de piña no poseen exactamente la misma composición ni estructura. Incluso dos materiales preparados a partir del mismo residuo pueden presentar propiedades diferentes si reciben tratamientos distintos.

La transformación, entonces, no consiste simplemente en «abrir poros». Puede cambiar la organización del carbono, la accesibilidad de determinadas regiones y la química de la superficie. El resultado es un material con características diferentes a las de la biomasa de partida.

Una vez obtenido, surge la pregunta central: ¿cómo puede este material retener sustancias presentes en el agua?

¿CÓMO PUEDE UN MATERIAL «ATRAPAR» CONTAMINANTES?

Cuando un material carbonoso entra en contacto con agua, algunas moléculas o iones pueden acercarse a su superficie y permanecer asociados a ella. Este fenómeno se conoce como adsorción y no debe confundirse con la absorción. En la absorción, una sustancia penetra y se distribuye dentro de otra; en la adsorción, se concentra principalmente sobre una superficie y en sus sitios accesibles.

Podemos imaginar esa superficie como un lugar con distintos sitios de encuentro. Algunos son fáciles de alcanzar y otros se encuentran dentro de pequeñas cavidades o canales. Además, no todos poseen las mismas características químicas.

Por esta razón, disponer de una superficie extensa no garantiza por sí solo una buena adsorción. Las moléculas deben poder llegar hasta los sitios disponibles y encontrar allí

condiciones favorables para interactuar. La superficie tampoco es químicamente uniforme. En ella existen pequeños conjuntos de átomos, conocidos como grupos funcionales, que podemos imaginar como diferentes «puntos de contacto». Dependiendo de su composición, algunos pueden favorecer la interacción con determinadas sustancias presentes en el agua.

Una de ellas son los enlaces de hidrógeno, que pueden favorecer la asociación entre determinados grupos de la superficie y algunas moléculas. También pueden ocurrir interacciones electrostáticas, semejantes a la atracción entre cargas eléctricas opuestas. La carga de la superficie puede cambiar con las condiciones del agua, especialmente con el pH.

Otra interacción puede ocurrir cuando tanto el material carbonoso como ciertas moléculas poseen estructuras en forma de anillos ricos en electrones. Estas regiones pueden atraerse de una manera particular conocida como interacción π–π. Aunque el nombre es técnico, lo importante es comprender que la estructura electrónica de una molécula también influye en su capacidad para asociarse con la superficie.

Estos mecanismos pueden actuar al mismo tiempo. Su importancia depende de las características del material, de la sustancia que se desea retener y de las condiciones del agua.

La adsorción puede entenderse, por tanto, como un encuentro entre dos protagonistas. Por un lado está el material, con su estructura y química superficial. Por el otro está la sustancia presente en el agua, con su tamaño, forma, carga y propiedades químicas. El medio en el que ambos se encuentran también participa en el resultado.

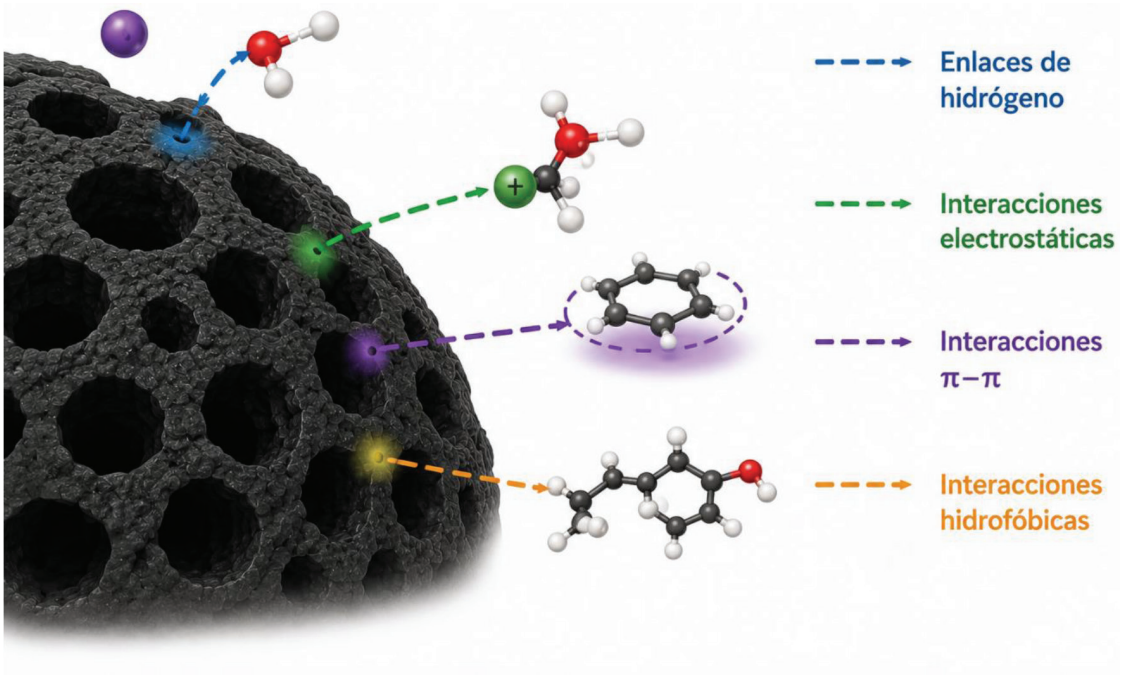


Figura 3. ¿Cómo se retienen los contaminantes? Representación de diferentes interacciones que pueden participar en la adsorción de sustancias sobre la superficie de materiales carbonosos. Imagen generada mediante inteligencia artificial.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Pero ¿cómo podemos conocer características tan pequeñas que nuestros ojos no pueden observar?

MIRAR LO QUE NUESTROS OJOS NO PUEDEN VER

A simple vista, muchos materiales derivados de biomasa parecen muy similares: sólidos oscuros, partículas o polvos en los que resulta difícil distinguir algo especial. Su apariencia, sin embargo, revela muy poco sobre las características que determinan su comportamiento.

Para conocerlos mejor, los investigadores utilizan diferentes técnicas de caracterización. Podemos pensar en ellas como herramientas que permiten hacer preguntas distintas al material.

La microscopía electrónica permite explorar su forma y superficie a escalas mucho menores de las que puede distinguir el ojo humano. Con ella podemos observar irregularidades, cavidades, canales y otras características de su morfología.

La espectroscopía infrarroja aporta pistas sobre los enlaces y grupos funcionales presentes. Esta información ayuda a comprender la química de la superficie y las posibles interacciones que puede establecer.

La espectroscopía Raman ayuda a conocer cómo se encuentra organizado el carbono. Puede revelar diferencias entre regiones más ordenadas y otras más irregulares, características que pueden cambiar durante la transformación de la biomasa.

Otras técnicas permiten estimar la superficie disponible y las características de los poros. Sin embargo, ninguna medición cuenta por sí sola toda la historia. Una imagen puede mostrar numerosas cavidades, pero no revelar qué grupos químicos existen en ellas. Del mismo modo, conocer la química superficial no indica necesariamente si una molécula puede acceder fácilmente a esos sitios.

Caracterizar un material se parece, entonces, a reconstruir una historia a partir de distintas pistas. Al analizarlas en conjunto podemos comprender mejor la relación entre las características del material y su comportamiento.

El siguiente desafío consiste en comprobar qué ocurre cuando ese material deja las condiciones controladas del laboratorio y se enfrenta a un agua mucho más compleja.

DEL VASO DE LABORATORIO AL AGUA REAL

En el laboratorio podemos preparar una solución que contenga una cantidad conocida de una sustancia y estudiar cómo interactúa con un material. Estas condiciones controladas son muy útiles para comprender fenómenos específicos y comparar diferentes materiales. El agua que encontramos en la naturaleza, sin embargo, es mucho más compleja.

Un río, una laguna o un embalse puede contener sales disueltas, partículas suspendidas, nutrientes, materia orgánica y sustancias procedentes tanto de procesos naturales como de actividades humanas. Todos estos componentes forman parte del entorno en el que deberá funcionar un material destinado al tratamiento de agua.

La materia orgánica natural es un buen ejemplo. Se trata de una mezcla de sustancias procedentes, entre otras fuentes, de la descomposición de plantas y otros organismos.

Sus componentes tienen diferentes tamaños, estructuras y propiedades químicas.

Cuando un material carbonoso entra en contacto con agua natural, varias sustancias pueden competir por los sitios disponibles en su superficie. Algunas pueden ocupar lugares que también serían adecuados para un contaminante. Otras pueden dificultar el acceso a determinadas regiones.

Podemos imaginar la diferencia entre recibir a una sola persona en una habitación vacía y tratar de organizar a muchas personas que llegan al mismo tiempo buscando diferentes lugares. El espacio disponible importa, pero también quién puede llegar a cada sitio y qué afinidad existe entre ese sitio y cada visitante.

Las condiciones del agua añaden todavía más variables. El pH puede modificar la carga de la superficie y la forma química de algunas sustancias. Las sales disueltas pueden influir en las interacciones, mientras que las partículas suspendidas pueden transportar materia orgánica u otros compuestos.

Esto no significa que los experimentos con soluciones preparadas en el laboratorio sean poco útiles. Al contrario, permiten identificar mecanismos y establecer condiciones de referencia. El problema aparece cuando suponemos que un buen resultado en un sistema sencillo garantiza el mismo comportamiento en una matriz ambiental compleja.

Por eso necesitamos ambos enfoques: los experimentos controlados ayudan a comprender por qué ocurre una interacción; las pruebas con agua real permiten conocer qué sucede cuando muchas interacciones ocurren al mismo tiempo.

Evaluar materiales en condiciones más cercanas a la realidad nos permite conocer mejor su potencial. Pero incluso un buen desempeño no responde otra pregunta fundamental: ¿aprovechar un residuo agrícola significa que el proceso es necesariamente sostenible?

CONVERTIR RESIDUOS EN RECURSOS: ¿SIEMPRE ES SOSTENIBLE?

Transformar una cáscara de cacao o una corona de piña en un material con potencial para tratar agua parece un ejemplo ideal de aprovechamiento de residuos. En lugar de desechar una biomasa, podemos utilizarla como materia prima para desarrollar un nuevo producto.

Esta idea se relaciona con la economía circular, que busca aprovechar mejor los recursos, prolongar su utilidad y reducir la generación de residuos.

Sin embargo, utilizar un residuo no convierte automáticamente al material obtenido en una alternativa sostenible.

Transformar biomasa puede requerir secado, calentamiento, agua, energía y reactivos químicos. Cada etapa tiene un impacto. Un proceso puede perder parte de su ventaja ambiental si consume demasiados recursos o genera nuevas corrientes residuales que después deben tratarse.

Por ello, la sostenibilidad no puede evaluarse únicamente por el origen de la materia prima. También debemos considerar cómo se produce el material, cuánto tiempo puede utilizarse y qué sucede con él después de cumplir su función.

La regeneración forma parte de este análisis. A medida que un adsorbente retiene sustancias, sus sitios disponibles pueden ocuparse. Si el material puede recuperarse y utili-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

zarse nuevamente, disminuye la necesidad de producir uno nuevo. Pero regenerarlo también puede consumir energía, agua o productos químicos y generar una corriente que contenga las sustancias retiradas.

Por eso, regenerar no significa simplemente «limpiar» el material. También debemos decidir qué hacer con aquello que retiramos de su superficie.

Cuando el material ya no puede reutilizarse, su destino final adquiere importancia. Si ha retenido contaminantes, debe manejarse de manera que estos no regresen al ambiente.

Una herramienta que ayuda a estudiar estas cuestiones es el análisis de ciclo de vida, que considera los impactos asociados con diferentes etapas de un producto o proceso, desde la obtención y transformación de la materia prima hasta su uso y disposición final.

La economía circular, por tanto, no consiste solamente en convertir un residuo en un nuevo producto. El verdadero reto es conseguir que ese aprovechamiento reduzca impactos en lugar de trasladarlos de una etapa a otra.

Esta mirada integral es indispensable antes de avanzar hacia una pregunta todavía mayor: ¿podemos llevar estos materiales del laboratorio a una aplicación útil?

DEL LABORATORIO HACIA EL FUTURO

Demostrar que un material puede retener sustancias presentes en el agua es un resultado importante, pero representa apenas una etapa en el camino hacia una posible aplicación.

Uno de los primeros desafíos es la reproducibilidad. Los residuos agrícolas son materiales naturales y sus características pueden variar con la variedad de la planta, las condiciones de cultivo, el clima, la parte utilizada y su manejo. Por ello, dos lotes de cáscara de cacao o corona de piña no necesariamente producirán materiales idénticos.

Una aplicación práctica requiere procesos capaces de controlar esta variabilidad y obtener materiales con propiedades suficientemente consistentes.

También está el escalamiento. En el laboratorio podemos controlar cuidadosamente la temperatura, el tiempo de tratamiento y otras condiciones. Cuando aumenta la cantidad de biomasa, mantener ese control puede ser más difícil. Producir más no significa simplemente utilizar un recipiente más grande.

El modo de utilizar el material también debe cambiar. Muchos experimentos de laboratorio se realizan mezclando una cantidad de adsorbente con un volumen determinado de agua. Para tratar volúmenes mayores pueden requerirse sistemas continuos, como columnas o filtros.

Entonces aparecen nuevas preguntas: ¿con qué velocidad debe circular el agua?, ¿cuánto tiempo puede funcionar el material antes de saturarse?, ¿cómo afectan las partículas suspendidas?, ¿cuánto material se necesita?

También debemos conocer su estabilidad. Un material puede permanecer en contacto con agua durante periodos prolongados y enfrentarse a cambios de pH, temperatura y composición. No basta con saber cómo funciona al principio; necesitamos conocer si conserva sus propiedades durante el uso.

A estos retos se suman el costo y la seguridad. Aunque el residuo utilizado como precursor pueda ser económico, el costo final incluye recolección, transporte, acondicionamiento,

transformación, energía, reactivos, operación y manejo posterior. Un precursor barato no garantiza un proceso barato.

Además, el material no debería liberar sustancias indeseables al agua como consecuencia de su preparación o degradación.

Estos desafíos no disminuyen el interés de los materiales derivados de residuos agrícolas. Al contrario, indican qué preguntas debe responder la investigación para avanzar responsablemente desde una idea prometedora hasta una posible tecnología.

El futuro dependerá de integrar conocimiento científico, desempeño en aguas complejas, procesos reproducibles, estabilidad, costos, seguridad e impacto ambiental.

Solo entonces podremos saber si una cáscara de cacao o una corona de piña puede recorrer todo el camino que separa a un residuo agrícola de una tecnología útil para el tratamiento del agua.

CONCLUSIÓN

Una cáscara de cacao o una corona de piña pueden parecer el final de un proceso: partes del fruto que ya cumplieron su función y están destinadas a convertirse en residuos. La ciencia de materiales permite observarlas de otra manera. Su composición ofrece la posibilidad de utilizarlas como materias primas para desarrollar materiales carbonosos con nuevas propiedades.

Transformarlas, sin embargo, es solo el comienzo. Su capacidad para interactuar con sustancias presentes en el agua depende de las características que adquieren durante su preparación y de las condiciones en las que finalmente serán utilizadas. Lo que funciona en un experimento controlado debe demostrar también su utilidad frente a la complejidad de las aguas reales.

El aprovechamiento de biomasa tampoco puede considerarse sostenible únicamente porque utiliza un residuo. La energía, los reactivos, la posibilidad de reutilización, los costos, la seguridad y el destino final forman parte de la misma historia.

Por ello, el potencial del cacao y la piña va más allá de convertir residuos en materiales carbonosos. La verdadera oportunidad consiste en comprender cómo transformarlos de manera que sus propiedades, desempeño y aprovechamiento ambiental formen parte de una solución responsable.

Cuando logramos mirar estos residuos desde esa perspectiva, la pregunta deja de ser solamente cómo deshacernos de ellos y se transforma en otra mucho más interesante: ¿qué nuevas soluciones podemos construir a partir de lo que antes desechábamos?

LITERATURA RELEVANTE

Anoraga, S. B., Shamsudin, R., Hamzah, M. H., Sharif, S., y Saputro, A. D. (2024). Cocoa by-products: A comprehensive review on potential uses, waste management, and emerging green technologies for cocoa pod husk utilization. *Heliyon*, *10*(16), e35537. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35537

Dong, W., Xing, J., Chen, Q., Huang, Y., Wu, M., Yi, P., Pan, B., y Xing, B. (2024). Hydrogen bonds between the oxygen-containing functional groups of biochar and organic contaminants significantly enhance sorption affinity. *Chemical Engineering Journal*,

499, 156654. https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.156654

Fang, J., Wang, D., Wilkin, R., y Su, C. (2025). Realistic and field scale applications of biochar for water remediation: A literature review. *Journal of Environmental Management*, *385*, 125524. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125524

Guerra-Que, Z., López-Margalli, K. S., Urrieta-Saltijeral, J. M., Silahua-Pavón, A. A., Martínez-García, H., García-Alamilla, P., Córdova-Pérez, G. E., Arévalo-Pérez, J. C., y Torres-Torres, J. G. (2025). Activated carbon synthesised from lignocellulosic cocoa pod husk via alkaline and acid treatment for methylene blue adsorption: Optimisation by response surface methodology, kinetics, and isotherm modelling. *RSC Advances*, *15*, 47231-47254. https://doi.org/10.1039/D5RA05557A

Liu, F., Wang, Q., Zietzschmann, F., Yang, F., Nie, S., Zhang, J., Yang, M., y Yu, J. (2025). Competition & UV254 projection in odorants vs natural organic matter adsorption onto activated carbon surfaces: Is the chemistry right? *Water Research*, *268*, 122764. https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122764

López-Acopa, N. de J., Santolalla-Vargas, C. E., Torres-Magaña, M. P., García-Zaleta, D. S., Arévalo-Pérez, J. C., Torres-Torres, J. G., Carrera-Lanestosa, A., García-Alamilla, P., Martínez-García, H., y Guerra-Que, Z. (2026). Functional pore accessibility and surface chemistry govern adsorption in biomass-derived activated carbons under real aqueous conditions. *Materials*, *19*(13), 2743. https://doi.org/10.3390/ma19132743

Tovar, A. M., Valencia, L. F., y Villa, A. L. (2024). Life cycle assessment of Colombian cocoa pod husk transformation into value-added products. *Bioresource Technology Reports*, *25*, 101772. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101772

Tran, T. V., Nguyen, D. T. C., Nguyen, T. T. T., Nguyen, D. H., Alhassan, M., Jalil, A. A., Nabgan, W., y Lee, T. (2023). A critical review on pineapple (*Ananas comosus*) wastes for water treatment, challenges and future prospects towards circular economy. *Science of the Total Environment*, *856*, 158817. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158817

Ajolotes: maestros de la adaptación

Elizabeth Gómez Estrada[1], Alex Moran Vizcarra[1], Cristóbal Mendoza Sandoval[1], Perla Careli González Contreras[1], Alexa Yuliana Castellanos Sánchez[1], Nayeli Elizabeth Bermúdez Rojas[1] y Zinnia Edith Aguirre García[2]

RESUMEN. El ajolote (*Ambystoma mexicanum*) es uno de los anfibios más singulares de México y un organismo de gran interés para la investigación científica. Entre sus características más llamativas se encuentra la neotenia, fenómeno que le permite alcanzar la madurez sexual conservando rasgos juveniles, como las branquias externas y una vida permanentemente acuática. Esta particularidad está relacionada con la regulación hormonal de la metamorfosis y constituye una estrategia estrechamente vinculada con su historia evolutiva y su adaptación al ambiente. A ello se suma su extraordinaria capacidad para regenerar extremidades y reparar tejidos complejos, incluidos componentes del corazón, médula espinal y sistema nervioso. La formación del blastema, la plasticidad celular, la participación del sistema inmunitario y los mecanismos genéticos que controlan la reconstrucción de los tejidos han convertido al ajolote en un importante modelo para la biología regenerativa. Su estudio permite explorar preguntas relacionadas con la cicatrización, la proliferación celular y las posibilidades futuras de reparación de tejidos en medicina humana. Sin embargo, mientras su importancia científica aumenta, las poblaciones silvestres enfrentan graves amenazas derivadas de la degradación de los canales de Xochimilco, la contaminación y la presencia de especies introducidas. Conservar al ajolote significa, por tanto, proteger no solo una especie emblemática de México, sino también un extraordinario modelo para comprender la adaptación, el desarrollo y la regeneración de los vertebrados.

[1] Licenciatura en Medicina. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara.

[2] Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental (LACUIC). Departamento de Ciencias Biológicas. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara.

Recibido: 22/05/2026
Aceptado: 01/10/2026
Publicado: 06/10/2026

Palabras clave: *Ambystoma mexicanum*; ajolote; neotenia; regeneración; adaptación; biología regenerativa; conservación.

INTRODUCCIÓN

La naturaleza tiene formas curiosas de romper nuestras expectativas, y uno de los ejemplos más fascinantes es el ajolote (*Ambystoma mexicanum*). Este anfibio urodelo es endémico de México y está estrechamente asociado con el sistema lacustre del Valle de México, particularmente con los canales de Xochimilco, en la Ciudad de México. Su dieta es carnívora e incluye pequeños crustáceos, larvas de insectos y peces de talla reducida.

El nombre ajolote proviene del náhuatl axólotl, término que suele traducirse como «monstruo de agua» o «perro de agua». Su distribución histórica comprendía ambientes lacustres como Xochimilco y Chalco. En la actualidad, sus poblaciones silvestres enfrentan una situación crítica debido a la transformación y contaminación de su hábitat, la urbanización y la presencia de especies introducidas, entre otros factores.

A primera vista, el ajolote parece un animal que se «niega a crecer». Conserva durante toda su vida características que en otros anfibios corresponden a etapas juveniles: branquias externas, una cola adaptada a la natación y una existencia predominantemente acuática. Sin embargo, puede alcanzar la madurez sexual y reproducirse. Esta combinación, aparentemente contradictoria, se explica por un fenómeno biológico conocido como neotenia.

Además de su peculiar desarrollo, el ajolote posee otras características extraordinarias. Puede respirar mediante sus branquias externas, a través de la piel y, en menor medida, mediante pulmones. También posee una notable capacidad para regenerar tejidos y estructuras complejas. Por estas razones ha sido utilizado durante décadas como organismo modelo en estudios de desarrollo embrionario, sistema nervioso, genética y biología regenerativa.

EL SECRETO DE LA ETERNA JUVENTUD: LA NEOTENIA

En biología, la neotenia describe la conservación de características juveniles aun cuando el organismo ya ha alcanzado la madurez reproductiva. Dicho de manera sencilla, el ajolote llega a ser un adulto funcional sin abandonar por completo la apariencia y varias características anatómicas de su etapa larvaria.

En muchos anfibios, el ciclo de vida incluye una metamorfosis evidente. Las ranas, por ejemplo, comienzan como larvas acuáticas y posteriormente experimentan modificaciones profundas que les permiten ocupar el medio terrestre. En las salamandras también pueden ocurrir cambios importantes durante la metamorfosis. El ajolote rompe, en buena medida, con este patrón: en condiciones naturales permanece acuático, conserva sus branquias externas y mantiene una morfología juvenil durante toda su vida.

Por ello, decir que el ajolote «se queda como bebé» funciona como una metáfora divulgativa, pero no significa que permanezca inmaduro. Crece, desarrolla sus órganos reproductores y puede reproducirse normalmente. En otras palabras, es un adulto que conserva varios rasgos juveniles.

¿POR QUÉ NO COMPLETA NORMALMENTE LA METAMORFOSIS?

Detrás de esta particularidad existe un componente endocrino. En los anfibios, las hormonas tiroideas desempeñan un papel central en la metamorfosis. Estas señales químicas coordinan numerosos cambios anatómicos y fisiológicos que permiten pasar de una etapa larvaria acuática a una forma adulta con características diferentes.

En el ajolote, la regulación del eje tiroideo y la respuesta de los tejidos hacen que, en condiciones naturales, la metamorfosis no se desencadene como ocurre en muchas otras salamandras. El potencial biológico para transformarse, sin embargo, no ha desaparecido por completo. Experimentalmente, la administración de hormonas tiroideas puede inducir cambios metamórficos, entre ellos la reducción de las branquias externas y modificaciones en la piel, la respiración y la anatomía general.

Este hecho resulta especialmente interesante porque muestra que la evolución no necesariamente eliminó el programa de metamorfosis: modificó su regulación. El ajolote conserva la posibilidad de activar parte de ese programa, pero su forma de vida natural favorece la permanencia en el ambiente acuático.

VENTAJAS DE UNA VIDA ACUÁTICA PERMANENTE

Mantener una existencia acuática implica conservar estructuras particularmente útiles en ese medio. Las branquias externas, de aspecto plumoso, proporcionan una amplia superficie para el intercambio gaseoso. A ellas se suma la respiración cutánea y la posibilidad de utilizar pulmones, de modo que el ajolote dispone de varias vías para obtener oxígeno.

También conserva una cola y una aleta dorsal adecuadas para la natación. En lugar de experimentar toda la remodelación corporal asociada con una vida predominantemente terrestre, mantiene una anatomía funcional dentro del agua. Desde una perspectiva ecológica, la neotenia puede entenderse como una estrategia que permitió aprovechar de manera permanente un nicho acuático.

El metabolismo relativamente lento del ajolote también forma parte de su adaptación a este modo de vida. Esta característica puede contribuir a una utilización moderada de la energía y a tolerar ciertas variaciones ambientales, aunque ello no significa que sea indiferente a cambios intensos en temperatura, oxígeno o calidad del agua.

NEOTENIA EN LA EVOLUCIÓN: ¿ACCIDENTE O ESTRATEGIA?

Desde una perspectiva evolutiva, la neotenia no debe interpretarse simplemente como un «retraso» o un error del desarrollo. La conservación de características juveniles puede resultar ventajosa cuando el ambiente acuático ofrece condiciones adecuadas para sobrevivir y reproducirse. En ese contexto, completar una metamorfosis y abandonar el agua no necesariamente representa una ventaja.

El antiguo sistema de lagos del Valle de México proporcionó durante mucho tiempo un ambiente acuático en el que los ancestros del ajolote pudieron alimentarse, crecer y reproducirse. Permanecer en el agua evitaba,

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

además, enfrentar de manera obligatoria los desafíos del medio terrestre. La selección natural puede favorecer precisamente este tipo de soluciones: no la transformación más espectacular, sino aquella que permite dejar descendencia con mayor eficacia.

La neotenia tampoco es exclusiva del ajolote. Otros anfibios conservan rasgos larvarios durante la vida adulta. Un ejemplo llamativo es el proteo (Proteus anguinus), habitante de sistemas cavernícolas europeos, que presenta adaptaciones extremas a un ambiente acuático oscuro y con recursos limitados. La comparación recuerda que conservar características juveniles puede formar parte de estrategias evolutivas muy diferentes.

REGENERACIÓN: RECONSTRUIR EN LUGAR DE CICATRIZAR

Si la neotenia hizo famoso al ajolote, su capacidad regenerativa lo convirtió en uno de los organismos más importantes de la biología moderna. Cuando pierde una extremidad, puede reconstruir hueso, músculo, piel, vasos sanguíneos y nervios hasta recuperar una estructura funcional. También puede reparar otros tejidos y partes de órganos, lo que ha despertado enorme interés en la medicina regenerativa.

En los mamíferos, una lesión importante suele desencadenar una respuesta orientada a cerrar rápidamente la herida y formar tejido cicatricial. El ajolote puede seguir una ruta distinta. Tras la lesión se produce un cierre rápido de la herida y posteriormente se organiza una población de células en la zona dañada. Allí se forma el blastema, una estructura fundamental para el proceso regenerativo.

Las células asociadas con el blastema proliferan y responden a señales moleculares que les permiten reconstruir las estructuras perdidas respetando, de manera extraordinaria, su organización y posición. Así, una extremidad regenerada no es simplemente una masa de tejido nuevo: recupera una arquitectura compatible con la estructura original.

¿CÓMO OCURRE LA REGENERACIÓN?

Aunque se trata de un proceso complejo y todavía intensamente estudiado, puede explicarse de manera general en varias etapas coordinadas. Primero ocurre el cierre de la herida y se establece un ambiente favorable para la regeneración. Después se forma el blastema, integrado por células capaces de proliferar y participar en la reconstrucción de los tejidos. Finalmente, esas células se multiplican, se organizan y se diferencian para producir nuevamente músculos, huesos, nervios, piel y otros componentes.

El sistema inmunitario también desempeña un papel importante. Los macrófagos, células que participan en la respuesta inmunitaria y en la regulación de la reparación tisular, son necesarios para que la regeneración avance adecuadamente. Estudios experimentales han mostrado que alterar su participación puede favorecer respuestas de cicatrización en lugar de una regeneración completa.

La información posicional es igualmente esencial. Durante la reconstrucción, las células deben «saber» qué estructura falta y en qué lugar debe formarse. Diversas redes de señalización y genes relacionados con la identidad de las regiones corporales participan en este

proceso. Los genes HOX, por ejemplo, forman parte de los sistemas que contribuyen a establecer la identidad posicional durante el desarrollo y la regeneración (Figura 1).

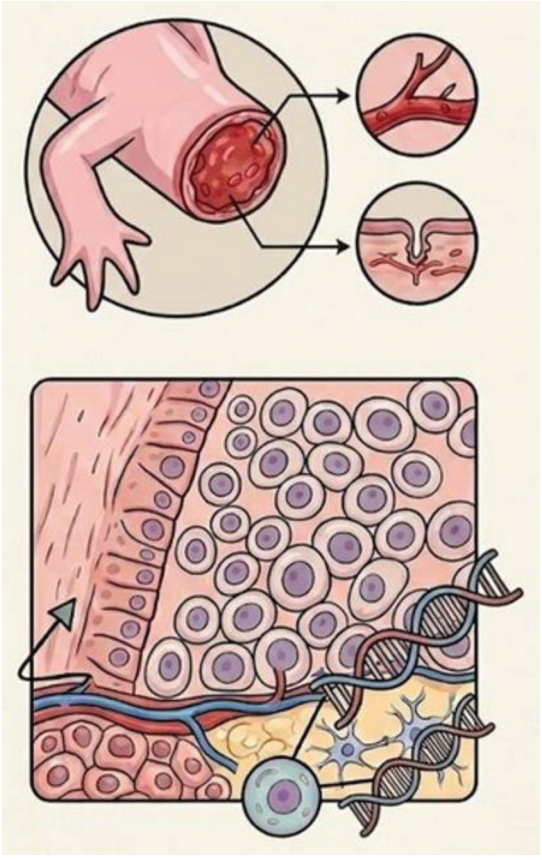


Figura 1. Mecanismos biológicos de la regeneración de extremidades. Tras una lesión o amputación, los anfibios activan una respuesta rápida de cierre epitelial (arriba) seguida de la formación de un blastema rico en células madre/progenitoras, guiado por señales vasculares, nerviosas y la activación de genes de desarrollo (abajo). Imagen generada por Gemini IA.

UNA CAPACIDAD QUE VA MUCHO MÁS ALLÁ DE LAS PATAS

La regeneración del ajolote no se limita a las extremidades. Este anfibio puede reparar tejido de la médula espinal y regenerar partes del corazón y de otras estructuras. También se estudia su capacidad de reparación en tejidos del sistema nervioso y del ojo. Precisamente esta amplitud convierte al ajolote en un modelo excepcional: permite investigar cómo diferentes tejidos responden al daño y cómo consiguen recuperar su organización.

Su genoma es otro elemento que ha llamado poderosamente la atención. El genoma del ajolote contiene alrededor de 32 mil millones de pares de bases, aproximadamente diez veces el tamaño del genoma humano. Tener un genoma gigantesco no significa, por sí mismo, poseer una «biblioteca de genes regenerativos» diez veces mayor, pero su secuenciación ha proporcionado una herramienta extraordinaria para estudiar las redes genéticas que participan en el desarrollo y la reparación de tejidos (Figura 2).

¿ESTÁ LA REGENERACIÓN LIGADA A LA NEOTENIA?

La coincidencia entre una vida neoténica y una extraordinaria capacidad regenerativa hace tentador pensar que una característica explica directamente a la otra. Sin embargo, la relación es más compleja. La regeneración depende de numerosos procesos celulares, inmunológicos, genéticos y moleculares, y no puede atribuirse únicamente al hecho de conservar características juveniles.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

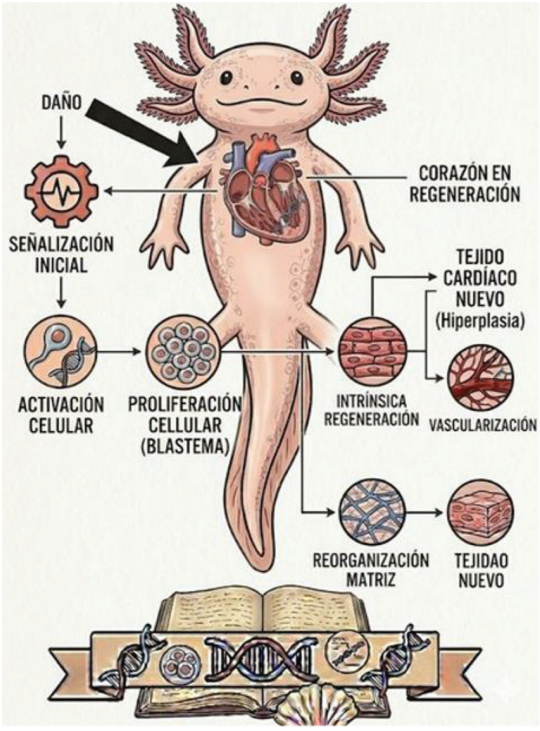


Figura 2. Mecanismo de regeneración cardiaca en el ajolote. Esquema paso a paso que abarca desde la señalización inicial tras un daño tisular, pasando por la activación genética y formación de blastema, hasta la síntesis de nuevo tejido miocárdico vascularizado y la remodelación completa de la matriz extracelular. Imagen generada por Gemini IA.

Lo que sí resulta especialmente atractivo para la investigación es que los tejidos del ajolote mantienen una gran plasticidad. Después de una lesión, determinadas células pueden modificar su estado, proliferar y participar en la reconstrucción sin producir la fibrosis extensa que caracteriza muchas lesiones en mamíferos. Comprender cómo se mantiene y regula esa plasticidad constituye una de las grandes preguntas de la biología regenerativa.

DEL AJOLOTE A LA MEDICINA HUMANA

El interés médico por el ajolote no consiste en copiar literalmente su biología ni en suponer que sus capacidades pueden trasladarse de manera inmediata a las personas. Su verdadero valor está en revelar mecanismos que podrían inspirar nuevas estrategias terapéuticas. Estudiar cómo controla la inflamación, cómo evita una cicatrización excesiva, cómo reactiva programas de crecimiento y cómo detiene la proliferación cuando la estructura ha sido reconstruida puede aportar pistas relevantes para la medicina humana.

Entre las aplicaciones que se investigan a largo plazo se encuentran la reparación de tejidos dañados, la recuperación después de lesiones de la médula espinal, la regeneración cardíaca y la comprensión de los mecanismos que regulan la proliferación celular. Son campos prometedores, pero todavía experimentales. Por ello, conviene distinguir entre lo que el ajolote ya puede hacer de manera natural y lo que la medicina humana podría llegar a desarrollar a partir del conocimiento de esos mecanismos.

El estudio comparativo también resulta importante porque los seres humanos compartimos con otros vertebrados numerosos genes y rutas moleculares. La diferencia no suele consistir simplemente en que los humanos tengamos «genes regenerativos dormidos», sino en cómo se regulan redes completas de genes, señales celulares, respuesta inmunitaria y organización de los tejidos. Descifrar esas diferencias es precisamente uno de los objetivos de la investigación contemporánea (Figura 3).

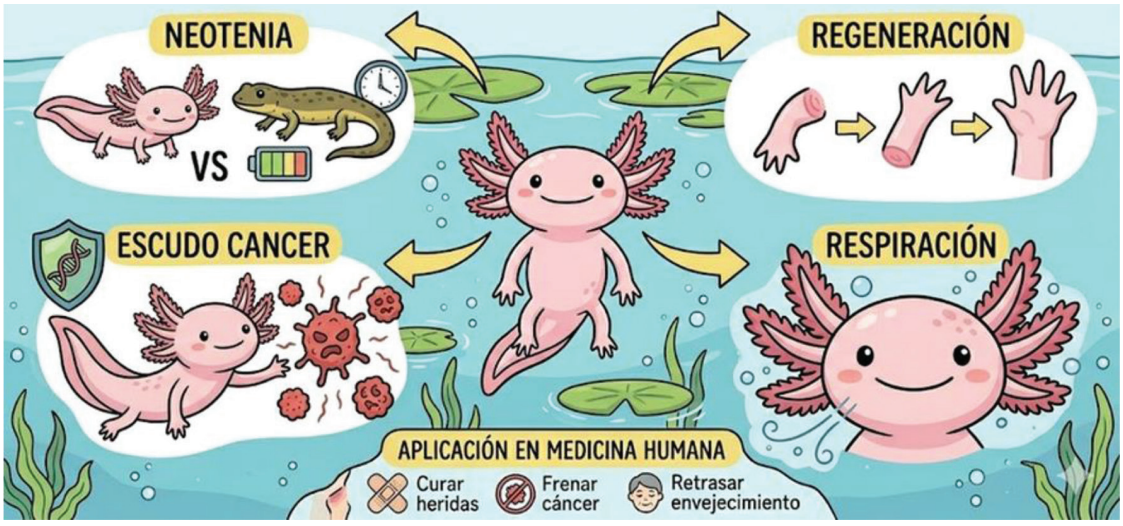


Figura 3. ¿Qué puede enseñarnos el ajolote sobre la regeneración humana? El estudio de sus mecanismos de reparación y regeneración abre nuevas preguntas y posibilidades para la medicina regenerativa. Imagen generada por Gemini IA.

REGENERACIÓN, PROLIFERACIÓN CELULAR Y CÁNCER

Existe otra pregunta fascinante: ¿cómo puede un animal producir grandes cantidades de células nuevas durante la regeneración sin perder el control de su crecimiento? En los seres humanos, la proliferación celular descontrolada es una característica fundamental del cáncer. El ajolote, en cambio, puede activar una proliferación intensa durante la reparación y posteriormente detenerla cuando la estructura ha sido reconstruida.

Esta capacidad ha convertido al ajolote y a otros organismos regenerativos en modelos de interés para estudiar las relaciones entre regeneración, control del ciclo celular y cáncer. Algunos trabajos experimentales han explorado cómo determinados ambientes celulares o componentes derivados de embriones y huevos de anfibios pueden modificar el comportamiento de células tumorales. Sin embargo, estos hallazgos no equivalen a disponer de una terapia contra el cáncer basada en ajolotes. Su importancia actual reside, sobre todo, en las preguntas biológicas que permiten formular

UN LABORATORIO VIVIENTE QUE ESTÁ DESAPARECIENDO

La paradoja es inquietante: mientras el ajolote se ha convertido en un organismo de enorme importancia para laboratorios de todo el mundo, su supervivencia en la naturaleza se encuentra gravemente amenazada. La contaminación y transformación de los canales de Xochimilco, la urbanización y la introducción de especies como carpas y tilapias han alterado profundamente su ecosistema.

Conservar al ajolote no significa únicamente mantener una especie carismática o un símbolo de la biodiversidad mexicana. También implica proteger una historia evolutiva única y un sistema biológico del que todavía tenemos mucho que aprender. Cada población silvestre conserva información genética, ecológica y

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

evolutiva que no puede sustituirse simplemente con ejemplares mantenidos en laboratorio.

El ajolote, por tanto, redefine nuestra idea de lo que significa crecer, adaptarse y reparar un cuerpo. Su aparente «eterna juventud» no es una extravagancia, sino el resultado de una historia evolutiva particular; y su capacidad regenerativa no es magia, sino un conjunto extraordinariamente complejo de procesos biológicos. Comprenderlos puede enseñarnos mucho sobre los límites y posibilidades de la vida. Proteger al ajolote significa asegurarnos de que esa lección siga viva.

LITERATURA RELEVANTE

Bölük, A., Yavuz, M., y Demircan, T. (2022). Axolotl: A resourceful vertebrate model for regeneration and beyond. *Developmental Dynamics*, *251*(12), 1914-1933. https://doi.org/10.1002/dvdy.520

Contreras, V., Martínez-Meyer, E., Valiente, E., y Zambrano, L. (2009). Recent decline and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (Ambystoma mexicanum). *Biological Conservation*, *142*(12), 2881-2885. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.07.008

Crowner, A., Khatri, S., Blichmann, D., y Voss, S. R. (2019). Rediscovering the axolotl as a model for thyroid hormone dependent development. *Frontiers in Endocrinology*, *10*, 237. https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00237

Godwin, J. W., Pinto, A. R., y Rosenthal, N. A. (2013). Macrophages are required for adult salamander limb regeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(23), 9415-9420. https://doi.org/10.1073/pnas.1300290110

Nowoshilow, S., Schloissnig, S., Fei, J. F., *et al*. (2018). The axolotl genome and the evolution of key tissue formation regulators. *Nature*, *554*, 50-55. https://doi.org/10.1038/nature25458

La salinera de Cuyutlán en Colima: entre la tradición y la actualidad; historia, retos y perspectivas

Lesly Nataly Verdin Gómez[1], Adrián Tintos Gómez[2], Rebeca Yasmín Pérez Rodríguez[3], Eduardo Ramírez Ayala[4], Miguel Ángel Arguello Pérez[4], Francisco Alberto Zepeda González[5], Nadia Azenet Pelallo Martínez[6] y Rubén Ortega-Álvarez[6]

RESUMEN. Desde tiempos prehispánicos, la producción de sal ha tenido un valor importante y fundamental para el desarrollo económico, social y cultural de numerosas civilizaciones. En el estado de Colima, las salineras de Cuyutlán representan uno de los sitios de producción salina artesanal más importantes y antiguos de México; en el cual las jornadas de arduo trabajo bajo el sol, la tradición que se ha heredado con orgullo como un patrimonio entre generaciones y el hecho de que esta actividad sea el sustento económico de muchas familias colimenses hace que el legado continúe vigente.

Esta investigación hace un recorrido por la historia de las salineras, desde su origen prehispánico hasta los desafíos que enfrentan en la actualidad, resaltando la estrecha relación

[1] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable, Licenciatura de Biología Marina (estudiante).

[2] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable, Programa de Posgrado BEMARENA y de la Licenciatura en Biología Marina (profesor investigador).

[3] Universidad de Guanajuato, Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Laboratorio de Servicios de Espectroscopía, Cromatografía y Calorimetría, Campus Guanajuato (profesor investigador).

[4] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable, Programa de Posgrado BEMARENA.

[5] Instituto Tecnológico de Villahermosa, Programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Línea de Investigación en Desarrollo Sustentable (estudiante).

[6] Programa de Investigadores por México, Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, SECIHTI. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, CIAD, sede Colima.

Recibido: 08/09/2026
Aceptado: 01/10/2026
Publicado: 06/10/2026

que existe entre las salineras y el ecosistema de la laguna de Cuyutlán, la cual es considerada uno de los humedales más importantes del Occidente de México.

Palabras clave: sal marina, Cuyutlán, patrimonio, historia, Colima.

INTRODUCCIÓN

Cuando observamos la sal en nuestros hogares, muy pocas veces –o tal vez nunca–, pensamos que detrás de ese condimento tan cotidiano, pero tan necesario en cada cocina, existe una historia que empezó hace más 4000 años, donde por primera vez se empieza hablar de la extracción de este mineral. En la actualidad la sal se consigue en la tienda de la esquina, siendo difícil pensar que pudiera existir un hogar en el que no esté presente; pero su importancia va más allá, pues ha acompañado a la humanidad a través de su historia como un recurso estratégico, ha sido empleada como un elemento ritual, se empleó como la base principal para conservar y transportar alimentos y debido a su importancia, tuvo la capacidad de levantar o arruinar economías; a su alrededor, se crearon nuevas rutas comerciales, fue usada como moneda de cambio e incluso fue motivo de conflictos entre pueblos y naciones.

En Mesoamérica, la sal no llegó con los peninsulares, ya los pueblos originarios desarrollaban técnicas para la obtención de este mineral, mediante las cuales se aprovechaban las características de las lagunas costeras y los depósitos minerales. En Mesoamérica existía una deidad alrededor de la sal de origen náhuatl, la diosa Huixtocihuatl, quien era venerada como la señora de los salineros; la sal era aprovechada desde la península de Yucatán hasta el norte del país. Entre estas regiones destaca la salinera de Cuyutlán en el estado de Colima, en donde las condiciones climáticas favorecen en gran medida a la producción salina.

En la actualidad, las salineras de Cuyutlán representan uno de los pocos sitios del país donde todavía se conserva un sistema artesanal de producción heredadas por generaciones. Esta pertenencia convierte a las salinas en un ejemplo excepcional de patrimonio cultural, donde se permite coexistir con el medio ambiente.

No obstante, a través del tiempo, las salineras han enfrentado diferentes desafíos derivados del crecimiento urbano, la industrialización, el cambio climático y la disminución del interés de las nuevas generaciones por continuar con este oficio tradicional. Comprender su historia, nos permite valorar no solamente la importancia económica de la sal, sino también reconocer el papel que han desempeñado las comunidades salineras, a lo largo de la historia de México y de una tradición que forma parte de la identidad de Colima y de su economía.

LA SAL: UN RECURSO QUE CAMBIÓ LA HISTORIA

En la actualidad la sal se puede comprar con facilidad, pero no siempre fue así, ya que durante años fue uno de los recursos más importantes para las diferentes culturas. Antes de la aparición de los refrigeradores, este mineral se utilizaba ampliamente para conservar alimentos, al extraer el agua que contiene mediante un proceso llamado ósmosis, sin la humedad las bacterias y hongos no pueden sobrevivir, de esta manera se logra el almacenamiento por tiempos prolongados y su traslado en buen estado.

Sin embargo, su importancia trasciende el ámbito alimentario. En distintas civilizaciones fue utilizada para curtir pieles, elaborar medicamentos, alimentar al ganado y desarrollar diversos procesos industriales. Tal fue su importancia que la palabra salario proviene del latín *salarium,* cuyo significado es *pago de sal*, puesto que en la antigua Roma era una cantidad fija la que recibían los soldados para comprar su sal.

Su uso como moneda de cambio no solo se dio en Europa, sino que también en el continente americano; múltiples hallazgos arqueológicos indican que este mineral se utilizó como objeto de trueque, en comunidades cercanas a las regiones costeras y aún en las más alejadas de la costa, pasando de mano en mano, de trueque en trueque y gracias a esta práctica se establecieron rutas comerciales que involucraban este mineral, mucho antes de la llegada de los peninsulares a Mesoamérica.

LOS PRIMEROS SALINEROS DE CUYUTLÁN

Las actividades propias de las salineras en Cuyutlán comenzaron antes de la fundación del Estado de Colima. Diversas evidencias arqueológicas muestran que los antiguos habitantes de la región aprovechaban las características de la laguna para la producción de sal, mediante métodos sencillos como la evaporación del agua de mar.

Los antiguos habitantes comprendieron que durante la temporada de secas el intenso calor provocaba la evaporación natural del agua, dejando una capa cristalina sobre la superficie. Con el paso del tiempo perfeccionaron esta técnica, delimitando pequeñas áreas que denominaron *eras*, en las cuales podían controlar mejor el proceso.

Este conocimiento representó un importante avance tecnológico para la época, ya que permitía obtener un recurso indispensable al utilizar únicamente la energía solar y las condiciones climáticas del lugar.

La sal obtenida en Cuyutlán comenzó a intercambiarse con comunidades ubicadas en otras regiones del occidente de México. A cambio de este mineral, los pobladores recibían cerámica, textiles, herramientas de piedra, semillas y otros productos que enriquecían la economía regional.

LA LLEGADA DE LOS PENINSULARES Y EL CRECIMIENTO DE LAS SALINAS

La llegada y conquista de los españoles modificó profundamente la organización económica del territorio de la Nueva España, impulsando así un considerable aumento en la producción de sal en tres puntos estratégicos: la salina de Peña Blanca, que se convirtió en parte fundamental del plan de desarrollo, porque suministraba sal a distintos distritos mineros como Zacatecas, Guanajuato y Pachuca; las salinas Coloradas que con la llegada de los españoles se nombraron salinas del Marqués, mismas que en la actualidad son conocidas como Salina Cruz, con gran importancia para la zona de Oaxaca y las salineras de Cuyutlán Colima que son consideradas uno de los ejes económicos de la costa del pacífico, tan es así que la Corona Española reguló y documentó estas salineras por su alta producción.

Durante los siglos XVI y XVII la producción de sal aumentó considerablemente por la gran demanda que se le dio para la conserva-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

ción de alimentos destinados a largos viajes en altamar; además, con la llegada de la industria minera, la sal tuvo otro gran auge ya que, en el proceso de extracción de plata, conocido como método de patio, la sal constituía un insumo importante para llevar a cabo la separación del metal precioso del mineral.

Con esto se incrementó la demanda de la sal y la importancia que tenía la salinera de Cuyutlán para la Corona, dando abasto a importantes minerías de centro y occidente de la Nueva España, fortaleciendo la economía de la región costera y principalmente Cuyutlán como una de las zonas productoras de sal más importantes de país.

EL NACIMIENTO DE LA SOCIEDAD COOPERATIVA DE SALINEROS DE COLIMA

En 1925 se creó oficialmente la Sociedad Cooperativa de Salineros de Colima, S.C.L., siendo considerada una de las cooperativas más antiguas del país que actualmente continúa funcionando.

La creación de esta sociedad cooperativa representó un cambio muy relevante en el manejo de la salinera ya que, en lugar de depender de particulares, los propios salineros empezaron a participar en la toma de decisiones relacionadas con la producción, la comercialización y la distribución económica.

Este modelo fortaleció la economía de las familias salineras y permitió que se conservara esta actividad como una tradición, lo que difícilmente habría ocurrido en un esquema industrializado; gracias a esta sociedad, valores como la solidaridad, el trabajo colectivo y la participación comunitaria, hoy siguen formando parte de la identidad cultural de Cuyutlán (Figura 1).

UN OFICIO HEREDADO DE GENERACIÓN EN GENERACIÓN

Desde pequeños, muchos habitantes de la zona han acompañado a sus familiares en su día a



Figura 1. Salinera de Cuyutlán en temporada de cosecha (foto propiedad de Ezequiel Rivera Meraz).

día dentro de las salineras, y es a través de este acompañamiento, como se han transmitido y adquirido los conocimientos sobre la interpretación de las condiciones climáticas, la forma de reconocer el comportamiento del agua, la manera de preparar las eras de evaporación y el momento preciso en el que los cristales llegan a la calidad adecuada para ser recolectados (Figura 2).

Este aprendizaje es un ejemplo vivo de lo que es conocimiento tradicional, aquel entendido como el conjunto de información construido por las comunidades a partir de la experiencia acumulada durante el paso de las generaciones. Este tipo de conocimientos representan sistemas complejos de observación y adaptación de las comunidades al medio ambiente, información trasmitida de mano en mano, de voz en voz y, sobre todo, de vida en vida.



Figura 2. Tradición salinera en Cuyutlán. Imagen generada con IA.

UN ECOSISTEMA DE GRAN IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Las salineras de Cuyutlán no pueden entenderse sin la laguna que les da origen. La Laguna de Cuyutlán es uno de los manglares con mayor importancia en Colima y uno de los ecosistemas más importantes del pacífico mexicano; este humedal está conectado con el océano, lo que permite tener una variación salina y la existencia de diversos organismos, que van desde los microscópicos hasta grandes especies como caimanes y aves migratorias.

Los ecosistemas de humedales se caracterizan por tener una alta producción y sirven como refugio y zona de crianza para muchas especies. Favorecen el control de las escorrentías, las inundaciones y previenen en gran medida la erosión del suelo, son almacenes de nutrientes gracias a los procesos de energía que ahí ocurren y producen biomasa que mantiene fértil la zona, todas estas bondades son algunos de los servicios medio ambientales que brindan estos ecosistemas (Figura 3).

La laguna es una zona representativa de gran parte de los humedales de Colima, los cuales albergan especies amenazadas, como lo es el mangle blanco, rojo y negro; además, uno de sus vasos está catalogado como sitio de importancia RAMSAR, es una zona húmeda (humedal) de importancia internacional reconocida bajo la Convención Ramsar (firmada

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

en 1971 en la ciudad de Ramsar, Irán), cuya conservación y uso racional son prioritarios debido a su valor ecológico, biológico, hidrológico y socioeconómico. Así mismo; resulta de gran importancia para la población pesquera, ya que de ahí se obtienen peces, jaibas y camarones. Estas zonas proporcionan un refugio para aves acuáticas residentes y migratorias, proporcionándoles alimento, zonas de descanso y de reproducción; lo que representa no solo un cuerpo de agua que forma parte de paisaje colimense, sino un ecosistema que da vida y sostiene a miles de especies, formando una relación de beneficio mutuo entre humanos y naturaleza, que ha trascendido épocas y generaciones. Y en este mismo espacio, desde hace muchos años, las salineras forman parte del paisaje, logrando convivir y coexistir en equilibrio con el ecosistema de la Laguna de Cuyutlán.



Figura 3. Nido de *Himantopus mexicanus* encontrado cerca a la salinera.

LAS SALINAS Y LA BIODIVERSIDAD

En las áreas de producción salina, el agua que circula presenta diferentes porcentajes de sal, lo que favorece así la creación de nuevos ambientes que son aprovechados por diversas especies de organismos, desde los microscópicos hasta aves acuáticas. Se ha documentado que, en diferentes partes del mundo, los ecosistemas en los que se han asentado salineras tradicionales ofrecen sitios favorables para diversas especies de aves migratorias, ya que éstas pueden encontrar alimento y zonas con una menor profundidad de agua que favorecen la anidación.

Otro aspecto importante para tener en cuenta es la manera en la que se obtiene la sal en las salineras artesanales, pues este depende principalmente de la energía solar, reduciendo el consumo de energía drásticamente en comparación con los procesos industrializados, permitiendo así disminuir impactos ambientales directamente relacionados con el uso de combustibles y emisión de gases.

Por lo tanto, las salineras son un ejemplo vivo del aprovechamiento sustentable de recursos naturales, pues sus actividades se llevan a cabo respetando los ciclos de regeneración del ecosistema, sin agotar del todo los recursos y minimizando así el impacto ambiental. Por supuesto, lo anterior continuará lográndose siempre y cuando siga existiendo un manejo adecuado de los recursos naturales, se establezcan planes de manejo ambiental y cambios de uso de suelo que prioricen la sustentabilidad ambiental. Hasta el momento la Laguna de Cuyutlán mantiene un equilibrio, gracias a que el ecosistema no ha sufrido cambios de uso de suelo y que la actividad salinera depende de las condiciones naturales de laguna (Figura 4).



Figura 4. Laguna de Cuyutlán, Colima es un humedal RAMSAR.

RETOS PARA LAS SALINERAS EN LA ACTUALIDAD

Aunque la producción de sal ha logrado mantenerse a través de los años, actualmente enfrenta diferentes desafíos, siendo uno de ellos el cambio climático, el aumento de la temperatura y la modificación de los patrones de precipitación, favorecen la aparición de fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones y huracanes de mayor magnitud; esto puede provocar temporadas de lluvia más prolongada que puede retrasar los procesos de producción de sal y disminuir su cantidad. De la misma manera, una temporada de calor más intensa, genera mayores dificultades para los trabajadores de la sal.

Otro reto es el cambio de uso de suelo y la necesidad de mayor infraestructura, lo que repercute directamente en el ecosistema aledaño: modificaciones en vías de comunicación, construcciones carreteras y portuarias, entre otras, son obras que modifican los flujos de agua, repercuten en el equilibrio de la laguna, e influyen en el ecosistema, contaminado no solo el ambiente si no también la producción de sal.

Aunado a esto, también hay que tomar en cuenta la contaminación proveniente de actividades urbanas, industriales y agrícolas, cuyos efluentes contaminantes al llegar a la laguna, provocan un desequilibrio que puede modificar la calidad del agua y generar un efecto negativo en los organismos y el humedal, este aspecto es poco reconocido, no obstante, es de suma relevancia. La contaminación ambiental es uno de los principales retos que enfrentan las salineras artesanales, garantizar no solo la calidad sino la inocuidad del producto es de suma relevancia para posicionar la salinera de Cuyutlán en un contexto global, dentro de un mercado muy competitivo en volumen y pre-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

cio, generar un producto de alto valor (flor de sal) o libre de contaminantes (calidad de exportación) son las estrategias a seguir para volver atractiva esta tradición no solo a los jóvenes sino también a los inversionistas.

En el aspecto sociocultural, existe otro problema al que pocas veces se le presta atención y es el correspondiente a la falta de interés de las nuevas generaciones por querer continuar con estas actividades, siendo la migración de los jóvenes hacia las grandes ciudades en busca de nuevas oportunidades, una de las principales causas. Si los jóvenes pierden el interés y se dejan de involucrar en esta actividad, existe el riesgo de que poco a poco desaparezca esta tradición milenaria; y las consecuencias repercutirían no solo en la pérdida de la actividad económica, si no de la historia y la identidad de una comunidad y de su patrimonio cultural (Figura 5).

CONCLUSIONES

Las salineras representan uno de los patrimonios históricos, ambientales y culturales más importantes de Colima, puesto que su origen proviene de la época prehispánica durante la cual, los pobladores aprendieron a aprovechar las condiciones naturales de la zona para poder evaporar el agua y dar origen a los cristales de sal. Usados por la comunidad en rituales, como antiséptico y en infinidad de prácticas.

Con el paso de los años, esta actividad se volvió una fuente importante de ingresos para la comunidad no solo en tiempos de la nueva España, sino también en la actualidad, la organización de salineros originó la creación de la



Figura 5. La tradición que resiste. Imagen generada por IA.

Sociedad Cooperativa de Salineros de Colima, hecho que permitió que los conocimientos pasen de generación en generación y los procesos mantengan su origen artesanal e histórico.

Desde una perspectiva ambiental estas salineras pueden considerarse un ejemplo de la coexistencia entre tradiciones y recursos naturales, logrando un equilibrio entre la producción de sal y la conservación del ecosistema; aunque desde afuera puede percibirse diferente, este proceso artesanal es respetuoso con el medio ambiente ya que su principal fuente de energía es la solar, desarrollando técnicas milenarias que se apoyan en el comportamiento del clima, del comportamiento de las mareas y del ecosistema lagunar.

Es muy importante reconocer que, mantener en pie esta tradición sin industrializar la zona, no ha sido sencillo; el cambio climático, el constante crecimiento de las infraestructuras, la contaminación y el riesgo de salud ambiental, la falta de perspectiva de innovación y la disminución de interés en las nuevas generaciones amenazan de manera constante la existencia artesanal de las salineras.

Dicho esto, se desea recalcar que las salineras no son solo un lugar en donde únicamente se produce sal; sino que, son parte de la historia de miles de pobladores, de comunidades enteras, de una Corona Española actualmente erradicada y de una diosa azteca, que en el destierro descubrió cómo extraer y fabricar la sal, usando tinajas y amontonando tierra salada. Este conocimiento forma parte del paisaje natural de la laguna y conservar su legado intacto, sin industrialización, sin megaproyectos que amenacen su existencia, sin la pérdida del patrimonio cultural de un pueblo, da paso a la conservación no solo de la derrama económica, sino también de los recursos naturales, otorgándole al ecosistema su valor real, el cual después de tantos años y gracias al aprovechamiento sostenible, sigue manteniendo un equilibrio, no solo ecológico sino su potencial socioeconómico.

LITERATURA RELEVANTE

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2023, 10 de febrero). *Sistema de Monitoreo de Humedales en México (SIMOH-Mx)*.

Gaytán Gómez, O. Z., y Orozco Plascencia, J. M. (2015). La historia de la sal en México, las salinas de Cuyutlán y el caso de la Cooperativa de Salineros de Colima. *Ciencias Económicas, 12*(1), 25-38.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. IPCC.

Ruiz Medrano, C. R. (2012). Las salinas de Santa María y del Peñol Blanco en la segunda mitad del siglo XVI: Frontera, mano de obra y articulación territorial. *Tzintzun*, (55), 75-105.

Torres, J., y Quintanilla-Montoya, A. L. (2014). Alteraciones antrópicas: historia de la Laguna de Cuyutlán, Colima. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, *6*, 29-42.

UNESCO. (2003). *Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial*. UNESCO.

El regreso de los viejos hábitos: ¿por qué reaparecen conductas que creíamos superadas?

Carlos Flores[1] y L. Rebeca Mateos[2]

RESUMEN. Mediante ejemplos cotidianos, se busca que el lector tenga un acercamiento a la persistencia conductual y los procesos relacionados con las recaídas. El escrito describe cuatro fenómenos de persistencia conductual: la renovación contextual, vinculada con cambios de contexto; el resurgimiento, asociado con la pérdida de eficacia de una conducta alternativa; la recuperación espontánea, relacionada con el paso del tiempo después de la reducción o eliminación de una conducta; y el restablecimiento, provocado por la reintroducción de acontecimientos relacionados con el aprendizaje. Se destaca que la extinción no implica necesariamente borrar lo aprendido y que varias condiciones pueden coincidir con la recurrencia de una conducta. Los hallazgos de diversos estudios permiten comprender la importancia de la historia de aprendizaje, las consecuencias conductuales y las señales del entorno, aunque su aplicación requiere considerar las particularidades de cada situación. Esta perspectiva ayuda a interpretar las recaídas y la persistencia conductual sin atribuirlas exclusivamente a la falta de voluntad y orienta preguntas sobre cómo sostener cambios comportamentales favorables.

Palabras clave: renovación contextual, resurgimiento, recuperación espontánea, restablecimiento.

■ ■ ■

Si nos detenemos a recordar, en diversas ocasiones hemos pensado que un hábito no deseable parecía haber quedado atrás. Durante semanas dejamos de hacerlo y llegamos a pensar que el cambio era definitivo. Después, al volver a cierto lugar o enfrentar una dificultad, ese comportamiento reaparece. La experiencia puede resultar desconcertante, pero tiene

[1] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa, Departamento de Psicología. carlos.faguirre@academicos.udg.mx

[2] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. laura.mateos@academicos.udg.mx

Recibido: 07/10/2026
Aceptado: 15/10/2026
Publicado: 16/10/2026

una explicación desde la ciencia del comportamiento: lo aprendido puede seguir influyendo aun cuando una conducta ha disminuido. Comprender cómo ocurre permite mirar los avances y los retrocesos con más precisión y contribuye a alejarnos de la emisión de juicios sobre la voluntad de las personas.

La persistencia conductual se refiere al mantenimiento del comportamiento frente a condiciones que tienden a modificarlo. Una de las maneras para identificar el grado de persistencia es ver la resistencia al cambio, es decir, cuánto se conserva una conducta cuando se alteran las circunstancias que la sostienen. Por su parte, la recurrencia es la reaparición de una respuesta que había disminuido o dejado de observarse. Cuando ese retorno conductual afecta un cambio que se buscaba mantener, solemos hablar de recaída.

Estos procesos se estudian mediante tareas controladas con participantes humanos y mediante modelos animales. Los experimentos en el área permiten identificar condiciones que favorecen el mantenimiento o el regreso del comportamiento, –aunque una situación cotidiana incluye muchos más elementos que los estudiados en un experimento–.

Las situaciones que siguen son ejemplos hipotéticos para explicar los fenómenos; identificar sus causas y observar qué ocurrió antes y después del cambio conductual.

Pensemos primero en una conducta que se mantiene. Elena practica piano y suele recibir comentarios útiles de su profesora al terminar cada sesión. Durante una semana, la profesora no puede impartir la clase ni interactuar con ella. Aun sin esa devolución habitual, Elena sigue ensayando de manera regular casi el mismo tiempo. La práctica persiste frente a la pérdida temporal de una de sus consecuencias. Este ejemplo también recuerda que la persistencia puede ser valiosa: ayuda a sostener aprendizajes cuando las condiciones dejan de ser tan favorables.

Otro caso ocurre cuando alguien consulta una aplicación porque suele encontrar publicaciones interesantes. Un día el contenido deja de actualizarse y, pese a encontrar repetidamente lo mismo, continúa abriéndola durante toda la tarde. Aquí persiste una actividad que en ese momento aporta poco. En ambos ejemplos la conducta continúa ante un cambio; para hablar de recaída tendría que haber disminuido primero y reaparecer después.

Para medir esa resistencia, los investigadores comparan el comportamiento durante la alteración con su nivel previo. La frecuencia inicial, por sí sola, no indica cuán resistente será una respuesta. Una actividad muy frecuente puede caer rápidamente ante una dificultad; otra menos frecuente puede conservarse casi intacta. La historia de las consecuencias y las señales del entorno ayuda a explicar esas diferencias.

Muchas de nuestras acciones se repiten porque producen algo que las mantiene: atención, información, una experiencia agradable o alivio de una molestia. Desde el análisis de la conducta, una consecuencia funciona como reforzador cuando aumenta o mantiene la respuesta que la produce. Si esa relación se interrumpe, la conducta puede disminuir. A ese procedimiento, y al proceso de disminución relacionado con él, se les llama extinción. Dejar de recibir la consecuencia habitual no «borra» o «elimina» lo aprendido.

La extinción también se estudia en reacciones aprendidas, como el miedo ante un

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

estímulo o señal que estuvo relacionada con un acontecimiento desagradable. Cuando ese estímulo se presenta repetidamente sin ese evento o acontecimiento, la conducta puede reducirse en frecuencia, intensidad, o velocidad de ocurrencia (tiempo de reacción). La evidencia indica que cuando se aprende algo es posible que se modifique la expresión de un aprendizaje previo. Es por ello que una conducta puede volver bajo ciertas condiciones. A continuación, hablaremos de cuatro formas de ese regreso o retorno conductual.



Figura 1. Imagen generada con la IA ChatGPT.

La renovación contextual (*contextual renewal*) ocurre cuando una respuesta reaparece al salir del contexto en el que había disminuido. El contexto incluye el lugar y las señales o estímulos que están presentes y que lo caracterizan (también puede incluir a las personas presentes e incluso las charlas y los temas de los que se pudiera estar hablando). Aprender a comportarse de cierta manera en una situación no garantiza que ese aprendizaje se exprese de la misma manera en otra situación.

Por ejemplo, Daniel suele interrumpir con bromas en su salón y recibe las risas de sus compañeros. Durante varias clases impartidas en otro salón, las interrupciones dejan de provocar esa reacción y disminuyen. Cuando el grupo regresa al aula habitual, Daniel vuelve a interrumpir, incluso antes de que alguien se ría. La clave del ejemplo es el retorno al lugar asociado con la historia anterior. La conducta regresa o reaparece aunque no haya vuelto a producir la consecuencia, es decir, aunque no ocurran las risas de los compañeros de grupo.

También podemos imaginar a Martina, que comenzó a sentir miedo a los perros después de un susto en una plaza. Con el tiempo, convive sin incidentes con un perro tranquilo en el jardín de un familiar y su temor disminuye. Sin embargo, al encontrarse con ese mismo perro en aquella plaza, vuelve a sentir miedo. El regreso al entorno inicial podría favorecer la renovación de la reacción, es decir del miedo. El perro es el mismo y no ha ocurrido un nuevo susto; lo que cambia es el lugar del encuentro.

Los estudios sobre renovación suelen distinguir un contexto de aprendizaje y otro en el que la respuesta disminuye. Se ha observado renovación conductual al volver al primer contexto, incluso cuando la disminución se consiguió demorando las consecuencias que mantenía la conducta. También puede haber renovación al pasar a un tercer contexto. Esto muestra por qué conviene examinar qué tan dependiente es un cambio de las condiciones en las que se aprendió.

En el resurgimiento (*resurgence*), la pista principal es que una conducta alternativa deja de producir las consecuencias que la sostenían, o los produce con menor frecuencia o calidad. Cuando una conducta alternativa que había desplazado un comportamiento no deseable deja de ser efectiva, resulta en un «resurgimiento» de la conducta socialmente no deseable.

Un niño acostumbraba gritar para conseguir ayuda con una tarea. Después aprende a decir «¿me ayudas?» y recibe atención cuando lo pide de esa manera, mientras los gritos dejan de conseguirla. Los gritos disminuyen. Una tarde, la persona que lo acompaña está ocupada y varias peticiones de ayuda quedan sin respuesta. El niño vuelve a gritar. La situación ilustra un posible resurgimiento porque la forma alternativa de pedir ayuda dejó de funcionar. El cambio en las condiciones merece examinarse antes de concluir que el niño olvidó lo aprendido.

Algo parecido puede ocurrir con un servicio de atención al cliente. Patricia llamaba para consultar su saldo, pero la línea comenzó a dejar sus llamadas sin respuesta. Aprendió a obtener la información en la aplicación y dejó de llamar. Un día la aplicación falla y Patricia vuelve a marcar el número antiguo, aunque la línea siga sin atender. La respuesta previa regresa después de que la alternativa pierde su utilidad. Si la aplicación hubiese seguido funcionando, faltaría la condición central de este ejemplo de resurgimiento.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Esta diferencia importa al enseñar nuevas formas de actuar: hay que considerar qué ocurrirá si dejan de obtener resultados. En una investigación se encontró que entrenar dos respuestas alternativas, de manera simultánea o sucesiva, redujo el resurgimiento frente al entrenamiento de una sola. El resultado sugiere estudiar el valor de contar con varias opciones eficaces, aunque no demuestra que cualquier combinación de alternativas vaya a prevenir una recaída en la vida cotidiana.

La recuperación espontánea (*spontaneous recovery*) describe la reaparición de una respuesta después de que transcurre un intervalo desde su disminución por extinción. Puede ocurrir sin volver a reforzarla y sin cambiar el lugar de la prueba. «Espontánea» señala la relación con el paso del tiempo; no significa que la conducta carezca de historia o explicación. Este es el nombre habitual del fenómeno, diferente de la renovación contextual.

Raúl acostumbraba tocar el timbre de una oficina porque alguien abría la puerta. El timbre se avería y, después de presionarlo repetidas veces sin resultado durante varias visitas, deja de hacerlo. Una semana después vuelve a la misma oficina y lo pulsa de nuevo, aunque nadie lo haya reparado ni se le haya informado de un cambio. Esa reaparición después de una pausa ilustra la recuperación espontánea. La respuesta antigua puede regresar brevemente aun cuando siga sin producir el resultado esperado.

En otro ejemplo, Lucía sintió miedo al usar un elevador después de quedarse atrapada. Más adelante realiza numerosos viajes sin incidentes y el temor se reduce. Tras varias semanas sin utilizarlo, vuelve al mismo elevador y experimenta de nuevo cierta tensión, aunque no haya ocurrido otro atasco. Si las demás condiciones relevantes se mantienen, el intervalo transcurrido permite ilustrar una recuperación espontánea de la reacción. Su aparición no obliga a suponer que todos los avances se perdieron.

El restablecimiento, conocido en inglés como *reinstatement*, ocurre cuando una respuesta que había disminuido reaparece después del contacto con acontecimientos relacionados con su aprendizaje anterior. En una de sus formas más estudiadas, vuelve a presentarse el reforzador que la mantenía, pero se entrega sin exigir la antigua respuesta. Esa diferencia permite separarlo de la readquisición, en la que realizar otra vez la conducta vuelve a producir el resultado y fortalece de nuevo esa relación.

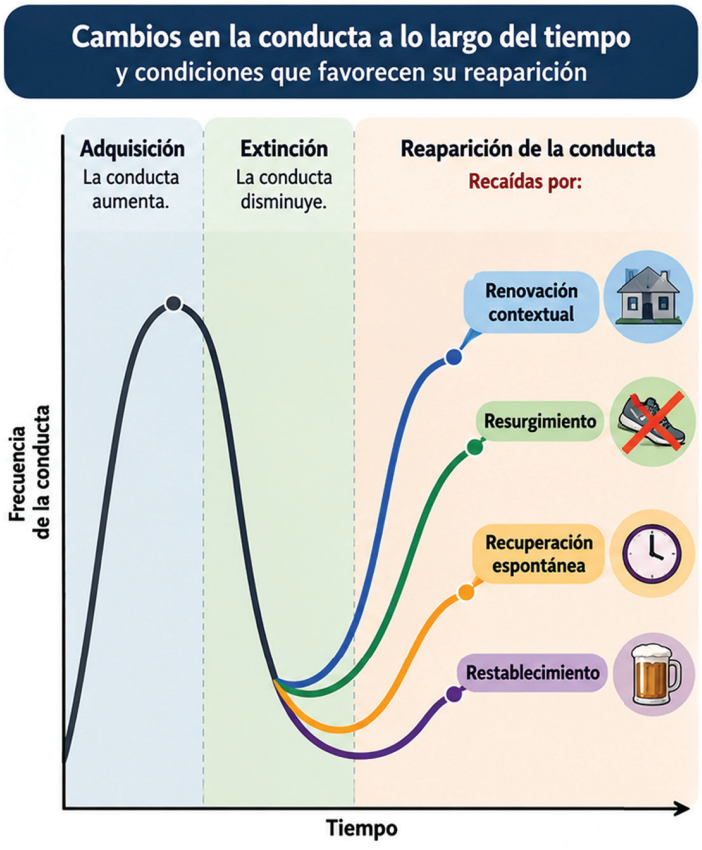


Figura 2. Imagen generada con la IA ChatGPT.

Imaginemos un videojuego en el que presionar un botón daba puntos. Más adelante ese botón deja de darlos y, tras varios intentos infructuosos, el jugador deja de usarlo. De pronto, el juego concede algunos puntos automáticamente, sin que haya presionado nada. Después de recibirlos, el jugador vuelve a probar el botón antiguo, aunque este continúe sin dar puntos. La recompensa reapareció primero, de forma independiente de la acción; luego regresó la respuesta. Esa secuencia ilustra el restablecimiento.

Un ejemplo doméstico puede verse en un perro que aprendió a ofrecer la pata para recibir una galleta. Después de varios encuentros en los que ofrecerla ya no obtiene la galleta, deja de hacerlo. En otro momento, su cuidador le da una galleta mientras está quieto, sin pedirle la pata. El perro vuelve a ofrecerla, aunque esa acción todavía no reciba recompensa. El alimento se presentó sin depender de la respuesta y su aparición fue seguida por el regreso del comportamiento anterior.

El restablecimiento se ha investigado en tareas de laboratorio con participantes humanos. También se ha observado en un modelo experimental donde la respuesta permitía obtener un descanso de una situación en la que había que actuar para evitar un acontecimiento desagradable. Esto amplía la pregunta científica: pueden importar tanto los resultados que proporcionan algo apetecible como aquellos que permiten interrumpir temporalmente una situación exigente. En ambos casos hay que precisar qué acontecimiento se reintrodujo y qué respuesta volvió después.

Fuera del laboratorio, estas condiciones pueden coincidir. Alguien vuelve a un entorno antiguo después de una pausa y descubre que la alternativa que había aprendido ya no está disponible. No siempre será posible asignar ese regreso a un solo fenómeno. Los experimentos permiten separar variables o combinarlas deliberadamente. En un estudio, presentar de nuevo reforzadores sin exigir la respuesta produjo una recurrencia mayor cuando la prueba se realizó siete días después de la extinción que cuando se hizo inmediatamente. El hallazgo muestra que el intervalo puede modificar el restablecimiento, y ayuda a investigar situaciones en las que confluyen distintas condiciones de recaída.

De estos hallazgos se desprende una orientación para acompañar cambios: además de observar que una conducta disminuyó, conviene conocer dónde se aprendió, qué consecuencias sostienen las alternativas y cómo evoluciona el comportamiento con el tiempo.

La persistencia también invita a una pregunta constructiva: cómo lograr que duren las conductas que nos ayudan. Estudiar el comportamiento supone interesarse tanto por aquello que queremos reducir como por las actividades que vale la pena sostener. Cuando una respuesta regresa, observar las circunstancias de su regreso ofrece información para el siguiente paso. Comprender esa historia permite acompañar el cambio conductual con expectativas realistas y reconocer los avances sin dar por hecho que el aprendizaje anterior ha desaparecido.

LITERATURA RELEVANTE

Flores, A. S., Flores, C., Velasquez, J. C., Mateos, L. R., Madrigal, K., y Hernández-Escalante, C. M. (2026). Combined effects of reinstatement and spontaneous recovery.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Behavioural Processes, 235. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2026.105332

Flores, C. J., Mateos Morfín, L. R., Velasquez, J. C., Hernández, C. M., y Madrigal, K. D. (2023). Efecto de entrenar múltiples respuestas alternativas sobre el resurgimiento. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta, 49*(2), 35-48. https://doi.org/10.5514/rmac.v49.i2.87775

Gámez, A. M., y Bernal-Gamboa, R. (2018). Reinstatement of instrumental actions in humans: Possible mechanisms and their implications to prevent it. *Acta Psychologica, 183*, 29-36. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.12.012

Mateos Morfín, L. R., Flores, C., y Madrigal, K. D. (2021). Effects of delay of reinforcement on ABA renewal. *Behavioural Processes, 189*. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2021.104440

Nevin, J. A., y Grace, R. C. (2000). Behavioral momentum and the law of effect. *Behavioral and Brain Sciences, 23*(1), 73-90. https://doi.org/10.1017/S0140525X00002405

Velasquez, J. C., Flores, C. J., y Durán, E. E. (2025). Reinstatement of negatively reinforced behavior with rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 124*(1). https://doi.org/10.1002/jeab.70034

Planear el futuro: los municipios de Jalisco y su desarrollo

Macedonio León Rodríguez Avalos[1] y Horacio Ramírez Rodríguez[2]

RESUMEN. La planeación del desarrollo municipal constituye una herramienta fundamental para orientar las acciones de gobierno, establecer prioridades y atender las necesidades de la población. En Jalisco, México, los 125 municipios deben elaborar sus respectivos planes de desarrollo y gobernanza, en los que se definen objetivos, estrategias, metas, indicadores y proyectos que orientan la gestión pública durante cada administración, con una perspectiva de mediano y largo plazo. Sin embargo, para buena parte de la ciudadanía, la utilidad de estos instrumentos, su proceso de elaboración y la importancia de la participación social siguen siendo poco conocidos. Este artículo de divulgación presenta una revisión de los antecedentes históricos y conceptuales de la planeación del desarrollo, así como de su evolución normativa en México y Jalisco, con especial atención a los mecanismos de participación ciudadana en el ámbito municipal. Asimismo, se examina la articulación entre los distintos órdenes de gobierno y se reflexiona sobre la necesidad de que los planes trasciendan su carácter documental para convertirse en instrumentos efectivos de gestión pública. Se destaca que la planeación participativa no solo permite identificar las prioridades colectivas, sino que también puede contribuir a una administración municipal más organizada, transparente y orientada al bienestar de las comunidades.

Palabras clave: planeación municipal, desarrollo local, participación ciudadana, gobernanza, México.

LOS CONCEPTOS

Planeación

Una premisa ampliamente aceptada por diversas corrientes del pensamiento socioeconómi-

Recibido: 29/09/2026
Aceptado: 15/10/2026
Publicado: 16/10/2026

[1] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. macedonio.rodriguez@academicos.udg.mx
[2] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. horacio.ramírez@academicos.udg.mx

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

co, particularmente aquellas vinculadas con el Estado de bienestar, es que los países necesitan generar riqueza para impulsar el desarrollo social. Desde esta perspectiva, la creación de riqueza constituye una condición fundamental para garantizar, de manera sostenida, el bienestar y el desarrollo integral de sus habitantes.

En este contexto, se considera que la planeación económica, entendida como una herramienta de gestión de la administración pública, tuvo uno de sus primeros antecedentes de aplicación sistemática en la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), particularmente durante el gobierno de Iósif Stalin, tras el triunfo de la Revolución rusa y la consolidación del régimen soviético en las primeras décadas del siglo XX.

A partir del modelo soviético de planificación centralizada, surgieron diversas iniciativas similares en otras regiones del mundo, entre las que destacan las experiencias de la India, en 1933, y Filipinas, en 1934. Un caso particularmente relevante fue el de Francia, que entre 1945 y 1946 recurrió a la planificación económica para enfrentar las consecuencias de la Segunda Guerra Mundial, convirtiéndose en uno de los primeros países de Europa occidental en adoptar este enfoque.

En el contexto occidental, también destaca la experiencia de Estados Unidos, donde, como respuesta a la crisis económica de 1929, se implementó el Nuevo Trato (New Deal), un conjunto de políticas gubernamentales orientadas a superar los efectos de la Gran Depresión. Estas medidas incluyeron una mayor intervención del Estado en la economía, así como reformas del sistema financiero, en consonancia con los planteamientos que caracterizaron al pensamiento económico keynesiano.

En este contexto, Estados Unidos utilizó la planeación económica como un instrumento para consolidar su liderazgo internacional mediante el Plan Marshall, implementado durante los primeros años de la Guerra Fría. Por su parte, la Unión Soviética recurrió a mecanismos similares en los países que se encontraban bajo su esfera de influencia. La expansión de la planificación económica alcanzó también al continente africano, donde, a principios de 1965, más de 35 países independientes contaban con planes económicos.

En México, la planeación económica comenzó a institucionalizarse con el Primer Plan Sexenal, elaborado antes del gobierno de Lázaro Cárdenas del Río (1934-1940) y puesto en marcha durante su administración. Esta práctica continuó durante los denominados gobiernos revolucionarios, hasta 1982.

Desde una perspectiva conceptual, diversos especialistas, entre ellos Barbara Wootton, Pedro Muñoz Amato, Louis-Joseph Lebret, Raúl Prebisch y Albert Waterston, contribuyeron, desde distintos enfoques, a definir la planeación como un proceso mediante el cual las instituciones públicas establecen políticas, programas y prioridades de acción orientados a promover el desarrollo de los países.

Un elemento común en estas concepciones es el papel central del plan como instrumento técnico de gestión pública mediante el cual se concreta la planeación. En este sentido, la planeación se ha consolidado como un proceso que permite a las instituciones públicas orientar sus acciones, establecer prioridades y optimizar el uso de los recursos disponibles, considerando que estos son, por naturaleza, limitados.

Desarrollo

El concepto de desarrollo, tal como lo entendemos actualmente, ha experimentado diversas transformaciones a lo largo de la historia, tanto en su denominación como en su significado y aplicación práctica. A partir de las aportaciones del pensamiento keynesiano y del creciente interés por las condiciones económicas y sociales de las regiones más empobrecidas del mundo, surgieron diversos planteamientos que contribuyeron a la construcción de las teorías del desarrollo.

Con el paso del tiempo, estas teorías se diversificaron en función de los problemas particulares de cada sociedad, los contextos regionales y los distintos enfoques disciplinarios. Como resultado, surgieron diversas corrientes de pensamiento que ofrecen interpretaciones diferentes sobre el desarrollo y los mecanismos necesarios para alcanzarlo. A continuación, se presentan algunas de las más relevantes.

La teoría de la modernización, entre cuyos principales exponentes se encuentra Arthur Lewis, plantea que los países menos desarrollados necesitan impulsar transformaciones económicas y sociales que les permitan transitar de sociedades tradicionales hacia sociedades modernas. Desde esta perspectiva, dicho proceso implica la incorporación de estructuras productivas y modelos económicos propios del capitalismo. Por su parte, la teoría de la dependencia, desarrollada a partir de las contribuciones de autores como Raúl Prebisch, Celso Furtado, Fernando Henrique Cardoso y Osvaldo Sunkel, explica las condiciones de subdesarrollo a partir de las relaciones históricas de desigualdad y subordinación económica entre los países industrializados y las naciones periféricas o dependientes.

Finalmente, la teoría del sistema-mundo capitalista analiza las interrelaciones políticas y económicas entre los países, considerando su posición y función dentro de la economía mundial. Este enfoque, desarrollado principalmente por Immanuel Wallerstein, recibió una importante influencia de la escuela francesa de los Annales, particularmente de los trabajos del historiador Fernand Braudel.

Las aportaciones de Immanuel Wallerstein destacan la importancia del análisis multidisciplinario para comprender los procesos económicos y sociales. Su enfoque supera las interpretaciones exclusivamente económicas al incorporar dimensiones históricas, políticas y sociales, lo que permite una comprensión más amplia de las dinámicas que caracterizan a las sociedades.

En este contexto, la planeación del desarrollo ha adquirido una importancia creciente, tanto en el ámbito conceptual como en su aplicación práctica. Su relevancia no se limita a los planteamientos teóricos que la sustentan, sino que también se manifiesta en las estructuras institucionales y los instrumentos de gestión pública que han surgido a partir de su implementación. Entre ellos destacan las oficinas y dependencias encargadas de la planeación, los planes y programas de desarrollo económico, así como las políticas públicas impulsadas por los distintos órdenes de gobierno. En México, estas acciones corresponden tanto al ámbito federal como al estatal y municipal.

Desde esta perspectiva, la planeación del desarrollo constituye una herramienta fundamental para los gobiernos municipales, pues les permite orientar sus acciones hacia la aten-

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

ción de las necesidades colectivas. Mediante el ejercicio de las atribuciones y responsabilidades que les confiere el marco jurídico, los municipios pueden establecer prioridades, organizar sus recursos y formular estrategias encaminadas a responder a las demandas sociales y contribuir al desarrollo de sus comunidades.

El Municipio

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que los estados que integran la Federación tienen como base de su división territorial y de su organización política y administrativa al municipio libre. Esta disposición constituye el fundamento de la organización municipal del país, que actualmente comprende más de 2,500 municipios. El gobierno de cada municipio está a cargo de un ayuntamiento, integrado por una presidencia municipal, sindicaturas y regidurías, conforme a lo establecido en la legislación correspondiente. Para el cumplimiento de sus atribuciones, el ayuntamiento cuenta con una estructura administrativa encabezada por la presidencia municipal, en la que destacan dependencias como la Secretaría del Ayuntamiento y la Tesorería Municipal.

Los gobiernos municipales constituyen el ámbito de gobierno más cercano a la ciudadanía, pues tienen a su cargo la prestación de diversos servicios públicos esenciales y la atención de necesidades inmediatas de la población. Estas responsabilidades se encuentran establecidas principalmente en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, entre las que destacan las siguientes:



Figura 1. Imagen generada con la IA ChatGPT.

Entre los principales servicios públicos a cargo de los municipios se encuentran el suministro de agua potable, drenaje y alcantarillado; alumbrado público; limpieza, recolección y disposición de residuos sólidos; mantenimiento de calles, parques y jardines; administración de mercados, centrales de abasto, panteones y rastros; así como las funciones de seguridad pública preventiva y tránsito municipal.

Para atender estas responsabilidades, los municipios administran libremente su hacienda pública, integrada por los ingresos que obtienen de distintas fuentes. Entre ellas destacan los recursos transferidos por la Federación, mediante los mecanismos establecidos en el Sistema Nacional de Coordinación Fiscal, así como los ingresos propios derivados del cobro de impuestos, derechos y otros conceptos, como el impuesto predial, las licencias comerciales y los permisos de construcción. Asimismo, los municipios cuentan con atribuciones para ordenar y administrar su territorio mediante instrumentos de planeación urbana, entre ellos los planes y programas de desarrollo urbano. También pueden coordinarse o asociarse con otros municipios para atender necesidades comunes y, cuando corresponda, participar en esquemas de coordinación metropolitana, conforme a la legislación aplicable.

Por otra parte, los municipios están facultados para intervenir en la regulación del uso del suelo, la constitución y administración de reservas territoriales y la regularización de la tenencia de la tierra urbana. De igual manera, pueden participar en la formulación de planes de desarrollo regional, en coordinación con los gobiernos estatales y federal, de acuerdo con las disposiciones legales correspondientes. Como puede observarse, las responsabilidades de los gobiernos municipales son amplias y diversas. Muchas de estas atribuciones se fortalecieron a partir de la reforma constitucional de 1983, que representó un cambio importante en la organización y las funciones de los municipios mexicanos.

Sin embargo, esta ampliación de responsabilidades no estuvo acompañada de un fortalecimiento financiero suficiente. Más de cuatro décadas después de aquella reforma, los municipios continúan dependiendo, en gran medida, de las transferencias de recursos federales y estatales, realizadas mediante los mecanismos establecidos en el Sistema Nacional de Coordinación Fiscal. De acuerdo con los autores, estas transferencias representan, en promedio, alrededor del 80 % de sus ingresos.

Esta situación coloca a los gobiernos municipales ante importantes limitaciones presupuestarias para atender las responsabilidades y demandas de la población. A ello se suma la duración de sus administraciones, que generalmente se renuevan cada tres años, frente a los periodos de seis años correspondientes a los gobiernos estatales y federal. Esta diferencia puede dificultar la continuidad de proyectos, programas y servicios fundamentales para el bienestar de las comunidades. Por ello, resulta indispensable que los gobiernos municipales cuenten con un instrumento que les permita diagnosticar las condiciones en que se prestan los servicios públicos, identificar los recursos disponibles y evaluar el cumplimiento de sus responsabilidades. En este contexto, el Plan de Desarrollo Municipal constituye una herramienta fundamental para orientar la gestión pública, establecer prioridades y promover una administración más eficiente y responsable.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

EL PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL

Como lo mencionamos anteriormente, el primer Plan Sexenal de México en el nivel de gobierno federal se aplicó a partir de 1934, y no es sino hasta el año de 1983 que se expide la primera Ley de Planeación –permanece vigente hasta hoy– que busca armonizar e incorporara los estados, municipios y a todas sus instituciones a realizar la planeación del desarrollo con el único propósito de que la sociedad mexicana alcanzara mejores niveles de vida.

Dicha condición de obligatoriedad y de armonización vino acompañada de un amplio y eficaz marco normativo respectivo en el cual se estableció un Sistema Nacional de Planeación Democrático y un Sistema de Información Poblacional y del Territorio teniendo establecidos en la propia Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; en particular en el Artículo 26 Constitucional.

Sistema que tienen un gobierno federal, 32 estados y 2544 municipios, que nos permitiría visualizar territorialmente con el siguiente gráfico piramidal:

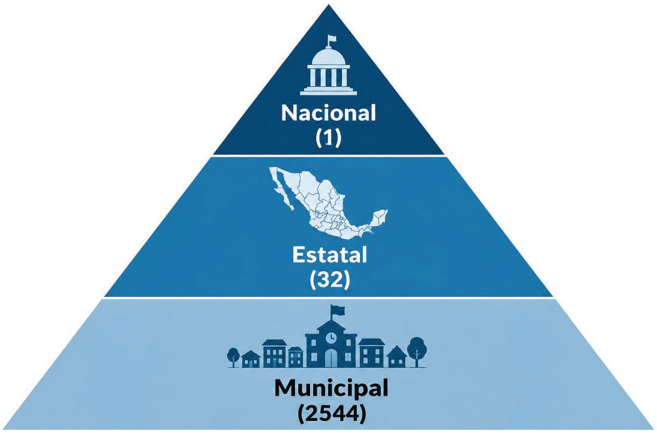


Figura 2. Organización de los órdenes de gobierno en México. Fuente: elaboración propia.

El Plan Nacional de Desarrollo establece los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades para promover el desarrollo integral, equitativo, incluyente, sustentable y sostenible del país. Este instrumento constituye una referencia para la coordinación de las políticas públicas entre los distintos órdenes de gobierno, en el marco de sus respectivas competencias. Sin embargo, la aplicación del Sistema Nacional de Planeación Democrática enfrentó importantes limitaciones en los ámbitos estatal y municipal, particularmente debido a la concentración de los recursos financieros en el Gobierno federal. Esta situación restringía la capacidad de los gobiernos locales para financiar sus propios programas y proyectos de desarrollo, pese a las responsabilidades que les correspondían.

Un avance importante en el proceso de descentralización financiera se produjo con las reformas al sistema de coordinación fiscal de 1997, que dieron lugar a la incorporación del Ramo 33 al Presupuesto de Egresos de la Federación a partir de 1998. Mediante este mecanismo se establecieron aportaciones federales destinadas a financiar determinadas funciones y servicios públicos de las entidades federativas y los municipios. A diferencia del Ramo 28, correspondiente a las participaciones federales, los recursos del Ramo 33 tienen destinos específicos establecidos en la legislación aplicable.

De los ocho fondos que integran el Ramo 33, dos están destinados específicamente al ámbito municipal: el Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social Municipal (FAISM) y el Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de los Municipios (FORTAMUN). Ambos comenzaron a operar en 1998

y tienen como propósito fortalecer la capacidad financiera de los gobiernos municipales, aunque con objetivos diferentes. El primero se orienta principalmente al financiamiento de obras y servicios de infraestructura social básica, mientras que el segundo busca fortalecer las finanzas municipales y apoyar el cumplimiento de sus responsabilidades. Si bien estos fondos contribuyeron al fortalecimiento de las finanzas municipales, su utilización quedó sujeta a disposiciones específicas que limitan la libre asignación de los recursos. En particular, los destinados a infraestructura social deben orientarse hacia necesidades prioritarias de la población, mediante mecanismos que favorezcan la participación ciudadana en la identificación y selección de obras y proyectos. Estas disposiciones reforzaron la importancia de dos procesos fundamentales para la gestión municipal: la planeación y la participación ciudadana. En este contexto, Jalisco avanzó en la construcción de un marco normativo propio mediante la expedición de la Ley de Planeación para el Estado de Jalisco y sus Municipios, publicada en diciembre de 2000, con el propósito de establecer las bases para organizar y coordinar los procesos de planeación del desarrollo en los ámbitos estatal y municipal.

En diciembre de 2018 se llevó a cabo una reforma importante al marco jurídico de la planeación en Jalisco, mediante la cual se incorporaron los principios de participación ciudadana y gobernanza. Como resultado, se estableció la Ley de Planeación Participativa para el Estado de Jalisco y sus Municipios, que fortaleció la participación social en los procesos de planeación del desarrollo. Esta legislación establece la vinculación de la planeación estatal y municipal con el Sistema Nacional de Planeación Democrática, con el propósito de contribuir al cumplimiento de los objetivos nacionales de desarrollo, respetando las competencias de cada orden de gobierno.

En este contexto, la planeación del desarrollo en Jalisco incorporó un enfoque de gobernanza y participación ciudadana que también se refleja en el ámbito municipal, objeto central de este artículo. De esta manera, los planes municipales de desarrollo y gobernanza se conciben como instrumentos orientados a establecer las prioridades y estrategias necesarias para impulsar el desarrollo de las comunidades. Entre sus propósitos se encuentra definir objetivos, estrategias, metas e indicadores que contribuyan al desarrollo integral del municipio a corto, mediano y largo plazo. Asimismo, deben contemplar aspectos relacionados con la gestión pública, el desarrollo económico y social, el medio ambiente, el territorio, el Estado de derecho y la igualdad de género.

Para incorporar la participación ciudadana en los procesos de planeación del desarrollo municipal, se establecieron los Comités de Planeación Participativa para el Desarrollo Municipal (COPPLADEMUN). Estos organismos auxiliares de los municipios tienen como función contribuir a la planeación participativa y a la programación de las acciones orientadas al desarrollo local. Su integración es aprobada por los respectivos ayuntamientos, lo que les otorga reconocimiento formal dentro de la estructura de planeación municipal.

Los COPPLADEMUN están integrados por el presidente municipal, tres regidores, dos representantes de las dependencias de la administración pública municipal, un representante del Gobierno del Estado y representantes de

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

diversos sectores sociales. Entre estos últimos se encuentran integrantes del sector privado, cooperativas, organizaciones de la sociedad civil y vecinales, líderes sociales, instituciones de educación superior, grupos vulnerables, pueblos indígenas y delegaciones municipales. Asimismo, cuentan con un secretario técnico. Una vez integrado y aprobado el COPPLADEMUN al inicio de una nueva administración municipal, se convoca a sus integrantes para participar en la elaboración o actualización del Plan Municipal de Desarrollo, mediante un proceso de consulta ciudadana. Concluida la etapa técnica de integración y elaboración del documento, el plan se presenta nuevamente ante el comité para su revisión y aprobación. Posteriormente, se remite a la presidencia municipal para que sea sometido a la consideración y aprobación del ayuntamiento.

Una vez aprobado, el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza deberá publicarse en la gaceta municipal. Asimismo, se deberá notificar a la Secretaría de Planeación del Gobierno del Estado de Jalisco y remitir el documento correspondiente al Congreso del Estado, conforme a las disposiciones legales aplicables. A partir de su publicación, el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza, así como los programas que de él se deriven, serán de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la administración pública municipal, en el ámbito de sus respectivas competencias y de conformidad con la normativa vigente.

Asimismo, los ayuntamientos deberán considerar el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza y sus programas derivados como referentes para la elaboración anual de los proyectos de Ley de Ingresos y Presupuesto de Egresos. De esta manera, se busca vincular las prioridades identificadas mediante la participación ciudadana con la asignación de recursos públicos, favoreciendo la ejecución de acciones y proyectos orientados al desarrollo y bienestar de las comunidades.

En síntesis, el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza constituye un instrumento de planeación que establece objetivos, metas, estrategias e indicadores evaluables para orientar el desarrollo integral del municipio. Asimismo, debe mantener congruencia con los objetivos y las metas establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Plan Estatal de Desarrollo y Gobernanza, con el propósito de favorecer la coordinación entre los distintos órdenes de gobierno.

Finalmente, el cuadro 1, tomado del Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza de Cabo Corrientes, Jalisco, correspondiente al periodo 2024-2027, permite ilustrar la articulación entre los distintos órdenes de gobierno en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática. A través de la correspondencia entre los ejes municipales, estatales y nacionales, se observa cómo la planeación del desarrollo busca establecer objetivos compartidos y coordinar las acciones de los tres órdenes de gobierno. Este ejercicio refleja la importancia de la planeación participativa como instrumento para orientar las políticas públicas hacia el desarrollo integral de los municipios, conforme a los principios establecidos en el marco normativo nacional desde el siglo pasado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de los ejes municipales, con los estatales y nacionales

Ejes municipales Cabo Corrientes	Ejes estatales Jalisco	Ejes nacionales México
Gestión y preservación del territorio	Jalisco cuida su tierra	Desarrollo sustentable
Bienestar para nuestra gente	Jalisco avanza	Desarrollo con bienestar y humanismo
Servicios públicos de calidad	Jalisco avanza	Desarrollo con bienestar y humanismo
Crecimiento económico sustentable	Jalisco crece para todas y todos	Economía moral y trabajo Desarrollo sustentable
Gobierno que transforma	Jalisco tranquilo y en paz Jalisco cercano y transparente	Gobernanza con justicia y participación ciudadana

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal y Gobernanza 2024-2027; Gobierno Municipal de Cabo Corrientes, Jalisco, México 2024-2027.

CONCLUSIONES

A partir de lo expuesto en este ensayo, se presentan las siguientes conclusiones:

Primera. El concepto de planeación del desarrollo ha sido objeto de un amplio debate teórico, en el que confluyen distintas corrientes de pensamiento surgidas a lo largo del siglo XX. Entre ellas destacan las experiencias de planificación asociadas con la Revolución Rusa y, posteriormente, las propuestas desarrolladas en América Latina, particularmente desde la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). A pesar de sus diferencias conceptuales y metodológicas, estas perspectivas han contribuido a la discusión sobre las estrategias para mejorar las condiciones de vida de la población, promover el desarrollo y, en términos más recientes, fortalecer el bienestar social.

Segunda. En México, la reforma constitucional de 1983 representó un avance importante en la institucionalización de la planeación democrática del desarrollo. La modificación del artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos estableció las bases del Sistema Nacional de Planeación Democrática y fortaleció el marco jurídico para la participación y coordinación de los distintos órdenes de gobierno en los procesos de planeación.

Tercera. Entre 1983 y 2000 se registraron avances significativos en la consolidación de la planeación del desarrollo en los ámbitos estatal y municipal. En este proceso, la creación del Ramo 33, cuya operación comenzó en 1998, contribuyó al fortalecimiento de las capacidades financieras de los municipios. Asimismo, la expedición de la legislación estatal de planeación en Jalisco, en 2000, permitió establecer mecanismos institucionales para la elaboración de los planes municipales de desarrollo, con la participación de los comités de planeación correspondientes.

Año 5 ▪ Número 10 ▪ 2026 ▪ ISSN: 2992-6807
Revista de Divulgación Multidisciplinaria del Centro Universitario de la Costa

Cuarta. De acuerdo con los datos proporcionados por la Secretaría de Planeación del Gobierno de Jalisco, los 125 municipios de la entidad cumplieron con la elaboración de sus respectivos instrumentos de planeación, lo que representa una cobertura del 100 %. Este resultado constituye un avance en la institucionalización de la planeación municipal. No obstante, la elaboración de los planes no implica necesariamente su ejecución efectiva, por lo que resulta pertinente desarrollar investigaciones posteriores que permitan evaluar su cumplimiento, sus resultados y su contribución al desarrollo y bienestar de las comunidades.

LITERATURA RELEVANTE

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2026a). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* (últimas reformas publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 2026). Consultado el 03 de septiembre de 2026. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2026b). *Ley de Planeación* (última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de enero de 2026). Consultado el 07 de septiembre de 2026. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPlan.pdf

Congreso del Estado de Jalisco. (20 de diciembre de 2018). *Ley de Planeación Participativa para el Estado de Jalisco y sus Municipios*. Periódico Oficial del Estado de Jalisco. Consultado el 10 de septiembre de 2026. https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/LEY%20DE%20PLANEACI%C3%93N%20PARTICIPATIVA%20PARA%20EL%20ESTADO%20DE%20JALISCO%20Y%20SUS%20MUNICIPIOS.pdf

Gauna Ruíz de León, C., y Peláez Verdet, A. (2021). La construcción del concepto «desarrollo» desde diversas visiones, momentos históricos y espacios geográficos. En C. Gauna Ruíz de León y M. Osorio García (Coord.), *El desarrollo turístico en México: Revisión general y casos de estudio* (pp. 31-66). Universidad de Guadalajara.

Gobierno Municipal de Cabo Corrientes 2024-2027. (2025). Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2024-2027.

Huertas Ramos, J. D. (2017). La planeación del desarrollo: de los conceptos a la técnica. *Administración y Desarrollo, 47*(2), 10-22

Secretaría de Planeación y Participación Ciudadana del Estado de Jalisco. (s.f.). *Planes municipales de desarrollo y gobernanza*. Gobierno del Estado de Jalisco. Consultado el 09 de octubre de 2026. https://plan.jalisco.gob.mx/planes-municipales-de-desarrollo-y-gobernanza/